



SKRIPSI - ME-141501

**SIMULASI OTOMATISASI SISTEM TRANSFER
DAN SEPARASI BAHAN BAKAR KAPAL HFO
DENGAN MENGGUNAKAN PLC SIEMENS**

Danang Cahyagi
NRP 4212 100 131

Dosen Pembimbing
Indra Ranu Kusuma, S.T.,M.Sc.
Adi Kurniawan, S.T.,M.T.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT - ME-141501

**SIMULATION OF AUTOMATIC SHIP FUEL HFO
TRANSFER AND SEPARATING SYSTEM USING PLC
SIEMENS**

Danang Cahyagi
NRP 4212 100 131

Supervisor
Indra Ranu Kusuma, S.T.,M.Sc.
Adi Kurniawan, S.T.,M.T.

Department of Marine Engineering
Faculty of Marine Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

SIMULASI OTOMATISASI SISTEM TRANSFER DAN SEPARASI BAHAN BAKAR KAPAL HFO DENGAN MENGUNAKAN PLC SIEMENS

SKRIPSI

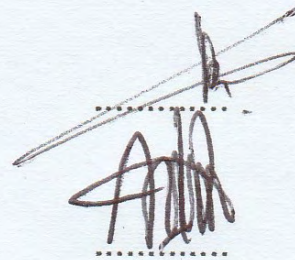
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :
Danang Cahyagi
Nrp. 4212 100 131

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi :

1. Indra Ranu Kusuma, S.T.,M.Sc.
2. Adi Kurniawan, S.T.,M.T.



SURABAYA,
29 JULI 2016

LEMBAR PENGESAHAN

SIMULASI OTOMATISASI SISTEM TRANSFER DAN SEPARASI BAHAN BAKAR KAPAL HFO DENGAN MENGUNAKAN PLC SIEMENS

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System (MEAS)*
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Danang Cahyagi

Nrp. 4212 100 131

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 197708022008011007

SIMULASI OTOMATISASI SISTEM TRANSFER DAN SEPARASI BAHAN BAKAR KAPAL HFO DENGAN MENGUNAKAN PLC SIEMENS

Nama Mahasiswa : Danang Cahyagi
NRP : 4212 100 131
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Indra Ranu Kusuma, S.T.,M.Sc
Adi Kurniawan, S.T.,M.T.

ABSTRAK

Tujuan utama dari otomatisasi sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO (*Heavy Fuel Oil*) dikapal dengan menggunakan PLC adalah untuk mengubah operasi pengolahan HFO yang saat ini dioperasikan secara manual oleh para kru menjadi sistem yang mampu beroperasi secara otomatis. Pada penelitian ini dirancang Sistem Transfer dan Separasi HFO otomatis menggunakan PLC. Sistem ini memanfaatkan sensor *limit switch* pada setiap tangki sebagai pemicu kinerja peralatan pengolah bahan bakar seperti pompa, separator, katup, dan pemanas.

Sensor akan diolah oleh PLC sebelum mengontrol peralatan. Pengolahan dilakukan secara sekuensial disesuaikan dengan urutan pengolahan. Pengolahan dilakukan dengan rekomendasi badan klasifikasi dan produsen mesin. Proses kerja dari setiap sistem dapat dimonitoring pada layar monitor (*Human Machine Interface*). Monitor terdiri dari kinerja sistem transfer, sistem separasi, sistem sirkulasi, dan tampilan yang memuat keseluruhan sistem. PLC yang digunakan adalah PLC Siemens S7-300, dengan layar monitor KTP1000. Dengan sistem ini, pengolahan HFO dapat dioperasikan otomatis baik pada saat kapal dalam keadaan idle maupun pada kondisi berlayar.

Kata kunci : HFO, PLC, Ship, Sistem Transfer, Separasi.

SIMULATION OF AUTOMATIC SHIP FUEL (HFO) TRANSFER AND SEPARATING SYSTEM USING PLC SIEMENS

Nama Mahasiswa : Danang Cahyagi
NRP : 4212 100 131
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Indra Ranu Kusuma, S.T.,M.Sc
Adi Kurniawan, S.T.,M.T.

ABSTRACT

The main purpose of automation ship fuel (HFO) transfer and separating system is to convert manual operation fuel treatment to an electronically controlled. This research would establish automatic fuel transfer and separation system using PLC. The new system consist high level and low level switch as trigger for fuel oil treat equipment (valve, pump, separator, and heater).

Level switches in tanks will be processed by PLC before activate the fuel treat equipment. In PLC, trigger from level switches are processed sequentially to fit in with fuel treatment order. Fuel treatment order has been recommended by classification society or engine maker. Work process from all automatically system will be controller and displayed in an interface monitor (Human Machine Interface). Interface monitor is consist of several screens such as Transfer System, Separation System, HFO Feed System, HFO circulating system, and one screen for all system. This work use PLC S7-300 as controller and KTP-1000 as interface. With this system, HFO treatment on board can be computerized controlled when ship idle or sailing mode.

Key word: HFO, PLC, Ship, Transfer System, Separation

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat.....	5
1.6. Luaran Tugas Akhir.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Pengenalan Umum.....	7
2.2. Pengenalan Pengolahan Bahan Bakar.....	7
2.2.1. Pengisian, Transfer, Penyimpanan, dan Sistem Purifikasi.....	8
2.2.2. Tangki Pengendapan (<i>Settling Tanks</i>).....	9
2.2.3. Sistem Servis (<i>Service System</i>)	10
2.3. Pengenalan Sistem Otomatisasi	11
2.3.1. Sistem Kontrol Bahan Bakar	12
2.3.2. Kebutuhan Sistem Otomatisasi Bahan Bakar.....	13
2.3.3. Sistem Kontrol Bahan Bakar pada Industri di Darat 15	
2.3.4. Sistem Kontrol Bahan Bakar pada Pesawat	16
2.3.5. Sistem Kontrol Bahan Bakar pada Kapal.....	17
2.4. Standar Pengolahan Bahan Bakar di Kapal dan Otomatisasinya.....	19
2.4.1. Germanicher Lloyd Part 1 Chapter 4	19
2.4.2. Project Guide Wartsilla 46.....	20

BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah	21
3.2. Studi Literatur	21
3.3. Pengumpulan Data	21
3.4. Analisa Data	21
3.5. Perancangan Sistem.....	22
3.6. Pembuatan Program	22
3.7. Pengujian Program	22
3.8. Kesimpulan dan Saran.....	22
 BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	25
4.1. Dasar Otomatisasi Pengolahan HFO	25
4.1.1. Peralatan Eksisting Pengolahan Bahan Bakar HFO	25
4.1.2. Penambahan Peralatan pada Sistem	26
4.1.3. Perhitungan Volume Bahan Bakar.....	28
4.2. Pembuatan Logika Kerja Pengolahan HFO	31
4.2.1. Logika Kerja <i>Transfer System</i>	31
4.2.2. Logika Kerja <i>Separation System</i>	35
4.2.3. Logika Kerja Service System	38
4.3. Spesifikasi PLC dan HMI yang digunakan.....	40
4.3.1. Spesifikasi PLC	43
4.3.2. Spesifikasi HMI.....	44
4.3.3. Perangkat Lunak	45
4.4. Proses kerja dengan Siemens TIA Portal V12	46
4.4.1. Penginstallan Software Siemens TIA Portal V12	46
4.4.2. Tampilan Awal Siemens TIA Portal V12	47
4.4.3. Pembuatan <i>Project</i> Baru	47
4.4.4. Hardware Configuration : PLC Simatic 300	49
4.4.5. <i>Hardware Configuration : Human Machine</i>	55
4.4.6. Pengaturan Konektifitas antar Hardware : PLC dan	57
HMI	57
4.4.7. Proses Pengalamatan (Addressing / PLC Tags) ...	57
4.4.8. Proses Pemrograman pada PLC.....	58

4.4.9.	Proses Pemrograman pada HMI	59
4.4.10.	Proses Simulasi Program dengan PLCSIM.....	59
4.4.11.	Proses Simulasi Program dengan HMI	61
4.5.	Konversi Logika Kerja menjadi <i>Ladder Diagram</i>	61
4.5.1.	<i>Ladder Diagram</i> untuk <i>Transfer System</i>	62
4.5.2.	<i>Ladder Diagram</i> untuk <i>Separation System</i>	63
4.5.3.	<i>Ladder Diagram</i> untuk <i>Feed System</i>	65
4.5.4.	Daftar Input Output setelah Pemrograman <i>Ladder Diagram</i>	65
4.6.	Layout <i>Human Machine Interface</i>	68
4.6.1.	Layout <i>Home</i>	68
4.6.2.	Layout <i>HFO Transfer System</i>	69
4.6.3.	Layout <i>HFO Separation System</i>	70
4.6.4.	Layout <i>HFO Feed System</i>	71
4.6.5.	Layout <i>HFO Cirulation System</i>	72
4.6.6.	Layout Keseluruhan Sistem	73
4.7.	Pengoperasian Hasil Programming pada Pengolahan Bahan Bakar	74
4.7.1.	Simulasi <i>HFO Transfer System</i>	74
4.7.2.	Simulasi <i>HFO Separation System</i>	76
4.7.3.	Simulasi <i>HFO Service System</i>	81
4.7.4.	Fitur <i>Early Warning System (EWS)</i>	84
4.8.	Wiring Diagram PLC dan Panel	85
4.9.	Maintenance & TroubleShooting PLC	86
4.9.1.	Penyebab <i>eror</i> dan <i>troubleshooting</i> pada <i>digital input</i>	86
4.9.2.	Penyebab <i>eror</i> dan <i>troubleshooting</i> pada <i>digital output</i>	87
4.10.	Analisa Biaya Sistem.....	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		95
5.1.	Kesimpulan.....	95
5.2.	Saran.....	96

DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN.....	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses dasar pengisian, transfer, penyimpanan, dan sistem purifikasi untuk HFO pada kapal	9
Gambar 2.2. Sistem servis bahan bakar	11
Gambar 2.3. Urutan Otomatisasi Proses pada <i>Pebble Bed Reactor</i>	15
Gambar 2.4. Sistem Otomatisasi Monitoring Bahan Bakar di Pangkalan Udara.....	16
Gambar 2.5. Blok Diagram Otomatisasi Bahan Bakar Pesawat Supersonic	17
Gambar 2.6. Desain Otomatisasi Bahan Bakar Kapal Tunda Foss	18
Gambar 2.7. Desain LabView Otomatisasi Bahan Bakar Kapal Selam.....	18
Gambar 2.8. Desain HMI Automatic Change Over Switch	19
 Gambar 3.1. Diagram alir tahapan skripsi.....	 24
 Gambar 4.1. Diagram alir <i>Transfer System</i>	 32
Gambar 4.2. Diagram alir <i>Separation System</i>	35
Gambar 4.3. Diagram alir sistem sludging	39
Gambar 4.4. PLC Siemens S7 300	44
Gambar 4.5. Konfigurasi PLC.....	44
Gambar 4.6. Konfigurasi PLC dan HMI	45
Gambar 4.7. Tampilan awal Siemens TIA Portal V12	47
Gambar 4.8. Pembuatan project baru	48
Gambar 4.9. Tampilan project baru.....	48
Gambar 4.10. Pemilihan hardware PLC.....	49
Gambar 4.11. Proses konfigurasi hardware.....	50
Gambar 4.12. Pemilihan power supply	50
Gambar 4.13. Pemilihan input modul.....	51
Gambar 4.14. Pemilihan digital output.....	52
Gambar 4.15. Pemilihan Compile dan Start Simulation.....	53
Gambar 4.16. Tampilan PLC Sim	53

Gambar 4.17. Pengaturan Online Access	54
Gambar 4.18. Tampilan saat proses Online.....	54
Gambar 4.19. Tampilan saat Online telah berhasil	55
Gambar 4.20. Pemilihan Human Machine Interface	56
Gambar 4.21. Konfigurasi HMI	56
Gambar 4.22. Konektifitas HMI dan PLC.....	57
Gambar 4.23. Tampilan PLC Tag	58
Gambar 4.24. Pemrograman ladder diagram pada PLC	58
Gambar 4.25. Proses desain HMI.....	59
Gambar 4.26. Posisi Download to Device.....	60
Gambar 4.27. Pemilihan Monitoring on/off.....	60
Gambar 4.28. Tampilan running HMI.....	61
Gambar 4.29. Salah satu network sistem transfer	63
Gambar 4.30. Salah satu network proses separasi bahan bakar (pengendapan) pada <i>Settling Tank 2</i>	64
Gambar 4.31. Ladder diagram pengisian Day / <i>Service Tank</i>	65
Gambar 4.32. Tampilan <i>Home</i>	69
Gambar 4.33. Tampilan Layout HFO <i>Transfer System</i>	70
Gambar 4.34. Tampilan Layout HFO <i>Separation System</i>	71
Gambar 4.35. Tampilan Layout HFO <i>Feed System</i>	72
Gambar 4.36. Tampilan Layout HFO <i>Circulation System</i>	73
Gambar 4.37. Tampilan Layout Keseluruhan Sistem.....	74
Gambar 4.38. Pengisian <i>Settling Tank 1</i> terlebih dahulu	75
Gambar 4.39. Proses HFO <i>Transfer System</i>	76
Gambar 4.40. Pengisian <i>Service Tank 1</i> terlebih dahulu.....	77
Gambar 4.41. Proses pengendapan pada <i>Settling Tank 1</i>	78
Gambar 4.42. Pengisian dari <i>Settling Tank 2</i>	79
Gambar 4.43. Proses transfer ke <i>Service Tank</i> dihentikan karena <i>Settling Tank</i> kosong	80
Gambar 4.44. Kondisi saat <i>Service Tank</i> penuh.....	80
Gambar 4.45. Proses sludging <i>Settling Tank</i>	81
Gambar 4.46. Kondisi aliran bahan bakar ke mesin.....	82
Gambar 4. 47. Proses aliran bahan bakar dari <i>Service Tank 2</i>	83
Gambar 4.48. Kondisi <i>Service Tank</i> kosong	84
Gambar 4.49. Fitur <i>Early Warning System</i>	85

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Peralatan pada Otomatisasi Sistem Transfer dan Separasi HFO	27
Tabel 4.2. Automation Topology (Equipment)	40
Tabel 4. 3. Automation Topology (Input)	40
Tabel 4.4. Automation Topology (Output).....	41
Tabel 4.5. Daftar Input Sistem	66
Tabel 4.6. Daftar Output Sistem.....	67
Tabel 4.7. Penyebab error dan penanggulangannya (Input)	86
Tabel 4.8. Penyebab error dan penanggulangannya (Output)	87
Tabel 4.9. Analisa Biaya Sistem Pengolahan HFO Otomatis	90

LAMPIRAN

1. Doc No. 001 – *Ladder Diagram* Sistem Pengolahan HFO
2. Dwg No. 001 – Automation Topology Diagram
3. Dwg No. 002 – Layout Panel PLC
4. Dwg No. 003 – Wiring Diagram Panel PLC
5. Dwg No. 004 – Wiring PLC Main CPU

BAB I

PENDAHULUAN

Pada kapal, Sistem Transfer dan Separasi Bahan Bakar (*Fuel Transfer and Separating System*) dikenal sebagai sistem yang digunakan untuk proses pengolahan bahan bakar jenis *Heavy Fuel Oil* (HFO) IFO 380 keatas sebelum digunakan oleh mesin diesel sebagai sumber tenaga. Proses ini berfungsi untuk memisahkan residu dan menjaga viskositas minyak. Hal tersebut akan berdampak pada kinerja dan ketahanan mesin.

Dalam ISO 8217:2012 tentang *marine fuel oil*, dan rekomendasi salah satu badan klasifikasi American Bureau of Shipping (ABS) dalam Note of HFO dinyatakan bahwa Heavy Fuel Oil membutuhkan penanganan lebih sebelum digunakan oleh mesin diesel. Dalam rekomendasi tersebut antara lain penggunaan proses pengendapan dan separasi. Dengan adanya proses yang bertingkat dalam proses pemurnian bahan bakar, sistem bahan bakar akan dilengkapi beberapa perangkat dan fasilitas pemurnian. Perangkat dan fasilitas pemurnian bahan bakar kemudian akan dioperasikan oleh kru kapal.

1.1. Latar Belakang

Hingga saat ini, operasional sistem transfer bahan bakar masih dilakukan secara manual oleh kru (Miftakhur, et al., 2013). Pada waktu tertentu yang direncanakan, kru kapal akan menghidupkan dan / atau mematikan pompa, separator, pemanas, maupun perangkat lain secara manual. Dengan demikian diperlukan sejumlah kru yang selalu siaga untuk mengoperasikan setiap perangkat yang ada.

Ketentuan mengenai jumlah kru telah diatur dalam Keputusan Menteri No. 70 tahun 1998 yang diadopsi dari Standards For Training, Certification & Watchkeeping Convention 1995 (STCW 95). Regulasi ini dibuat untuk melindungi hak-hak kru, dan menjaga keselamatan operasional

kapal. Dalam melakukan operasi kapal, pelaut diharuskan memiliki sertifikasi keahlian tertentu. Sertifikasi pelaut mengenai prosedur keselamatan dalam operasi mesin juga diatur dalam regulasi tersebut.

Regulasi mengenai sertifikasi pelaut tentang operasional tidak serta-merta menjadi jaminan keselamatan bagi kapal sebagai moda transportasi laut. Hal ini dibuktikan dengan presentasi kecelakaan kapal menurut penyebab kelalaian manusia mencapai 62% pada kapal niaga secara umum (Boniface, 1996), dan 84-86% khususnya pada kapal tanker (Rothblum, 2000). Di Indonesia, kecelakaan kapal akibat kelalaian manusia mencapai 41% (PT. Trans Asia Consultants, 2009). Statistik tersebut dapat disimpulkan bahwa faktor kelalaian manusia memiliki andil besar dalam kecelakaan kapal.

Seiring dengan perkembangan zaman, terciptanya teknologi terbaru dalam membantu pekerjaan manusia semakin masif. Kemajuan teknologi komunikasi, informasi, dan otomatisasi merupakan beberapa teknologi yang bergerak secara dinamis. Peralatan analog mulai tergeser dengan perangkat digital, dan perangkat yang dikontrol secara manual juga mulai digantikan dengan perangkat yang mampu dikontrol dengan otomatis.

Dalam tugas akhir ini penulis akan membuat suatu sistem otomatisasi sistem transfer dan separasi bahan bakar dengan menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC). Sistem otomatisasi ini memungkinkan seluruh proses transfer dan separasi dapat dijalankan secara otomatis. Oleh sebab itu, penjelasan mengenai definisi PLC serta sistem otomatisasi transfer dan separasi bahan bakar akan dipaparkan pada laporan tugas akhir ini.

1.2. Perumusan Masalah

Sistem otomatisasi bahan bakar kapal dengan menggunakan *Programmable Logic Controller* (PLC) adalah

sebuah teknologi baru dan belum digunakan pada kapal Niaga. Dalam aplikasinya, pengerjaan sistem otomatisasi membutuhkan pengetahuan secara detail tentang sistem transfer dan separasi bahan bakar dikapal. Hingga saat ini, belum ada penelitian atau riset yang menggunakan PLC sebagai sistem kontrol bahan bakar di kapal.

Untuk mendapatkan hasil yang optimal dari sistem pengolahan HFO otomatis dikapal dengan PLC, diperlukan panduan dari perusahaan pembuat mesin diesel (*engine maker*), badan klasifikasi kapal, dan negara bendera (*port state*) yang dalam hal ini adalah pemerintah Indonesia. Panduan dari pembuat mesin berguna untuk mengetahui karakteristik pengolahan bahan bakar mulai dari tangki penyimpanan (*Bunker Tank*) hingga masuk ke mesin. Panduan dari badan klasifikasi dapat menjaga pembaharuan sistem bahan bakar dikapal tetap aman saat dioperasikan. Rekomendasi pemerintah dalam dampak lingkungan dan perlindungan kru kapal akan menjadi landasan bahwa sistem ini diharapkan dapat meringankan tugas kru.

Pada pengaplikasian sistem di industri berat non-kapal, PLC telah digunakan sebagai sistem pengendali. Beberapa sistem yang telah diotomasikan dengan PLC adalah pengendalian *crane* di Pelabuhan Teluk Lamong - Indonesia, dan perusahaan alat rumah tangga Maspion. Efisiensi energi dan sumber daya merupakan alasan dibalik perusahaan tersebut mengotomatisasikan sistem mereka. Aplikasi PLC pada sistem industri tersebut akan dipelajari dan diadopsi menjadi sistem kontrol bahan bakar dikapal.

Dengan adanya perubahan sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO dikapal secara manual menjadi sistem otomatis, maka akan diikuti dengan perubahan peralatan sistem bahan bakar, dan tatanan kerja kru. Oleh karena itu, beberapa permasalahan yang dibahas adalah:

1. Bagaimana sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO di kapal saat ini?

2. Bagaimana sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO saat diotomatisasikan dengan PLC?
3. Apa saja peralatan yang dikontrol pada sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO saat diotomatisasikan dengan PLC?
4. Bagaimana *interface* sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO saat diotomatisasikan dengan PLC?
5. Berapa estimasi biaya dalam proses otomatiasi PLC pada sistem transfer bahan bakar?

1.3. Batasan Masalah

Batasan permasalahan yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Keluaran penelitian adalah simulasi sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO di kapal.
2. Penelitian berfokus pada otomatisasi sistem transfer bahan bakar dari *Bunker Tank* menuju *Service Tank* dan pengoperasian perangkat sistem pemurnian bahan bakar.
3. Sistem otomatisasi bahan bakar akan mengacu pada project guide mesin Wasilla 46 dan aturan biro klasifikasi Germanischer Lloyd.
4. Program PLC yang dikerjakan hanya memprogram sistem operasi kontaktor dari masing-masing perangkat dimana program tersebut merupakan penggambaran sistem kerja transfer bahan bakar secara umum.

1.4. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO saat diotomatisasikan dengan PLC?
2. Mengetahui peralatan yang dikontrol pada sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO saat diotomatisasikan dengan PLC?

3. Membuat *interface* sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO saat diotomatisasikan dengan PLC?
4. Menentukan estimasi biaya dalam proses otomatisasi PLC pada sistem transfer bahan bakar?

1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini secara umum adalah memahami efektifitas pengoperasian sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO secara manual dibandingkan dengan sistem transfer dan separasi sistem bahan bakar HFO secara otomatis dengan PLC. Perbandingan ini akan menjadi rekomendasi pada pemilik kapal, galangan, pemerintah, dan pihak terkait pengembangan otomatisasi pengolahan bahan bakar HFO dikapal.

1.6. Luaran Tugas Akhir

Adapun luaran dari tugas akhir “Simulasi Otomatisasi Sistem Transfer dan Separasi Bahan Bakar HFO di Kapal dengan PLC Siemens” adalah sebuah program yang dapat menjalankan peralatan sesuai kebutuhan pada sistem pengolahan bahan bakar HFO dari tangki penyimpanan hingga tangki servis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengenalan Umum

Bagi pemilik dan operator kapal memiliki kapal dengan efisiensi bahan bakar yang baik merupakan tujuan yang harus dicapai. Hal ini dikarenakan, efisiensi bahan bakar yang baik akan berdampak pada lamanya umur kapal, ketahanan performa mesin, dan keuntungan ekonomi yang didapatkan. Efisiensi bahan bakar kapal dapat terwujud dengan memperhatikan beberapa aspek penunjangnya. Aspek penunjang yang dimaksud adalah properti bahan bakar yang digunakan, proses pengolahan, dan operator pengolahan bahan bakar. Efisiensi bahan bakar hendaknya selalu dikontrol mulai dari proses bunkering, hingga proses pembakaran mesin diesel. Segala upaya tersebut dimaksudkan untuk mencari efisiensi tertinggi penggunaan bahan bakar dikapal (American Bureau of Shipping, 2001).

Heavy Fuel Oil (HFO) merupakan bahan bakar yang memiliki viskositas tinggi (Contoh: HFO 700 cSt at 50⁰C) merupakan bahan bakar yang sering digunakan oleh kapal dengan daya besar. Minyak jenis ini memiliki residu yang tidak bisa diterima langsung oleh mesin. Oleh sebab itu, dibutuhkan pengolahan lebih lanjut guna menyesuaikan dengan mesin. Meskipun demikian, minyak ini tetap digunakan dengan pertimbangan harga yang lebih murah dibandingkan dengan minyak MDO (Contoh: MDO 15 cSt pada 50⁰C).

2.2. Pengenalan Pengolahan Bahan Bakar

Kualitas bahan bakar dapat secara signifikan berdampak pada performa, operasi, dan perawatan dari mesin diesel. Penting untuk diketahui, dampak terbesar dari penggunaan minyak diesel adalah mesin diesel itu sendiri. Pengetahuan dasar tentang minyak diesel meliputi karakteristik, properti, kandungan minyak diesel,

dan dampak yang terjadi berkaitan dengan operasi mesin diesel serta operasional pengolahannya.

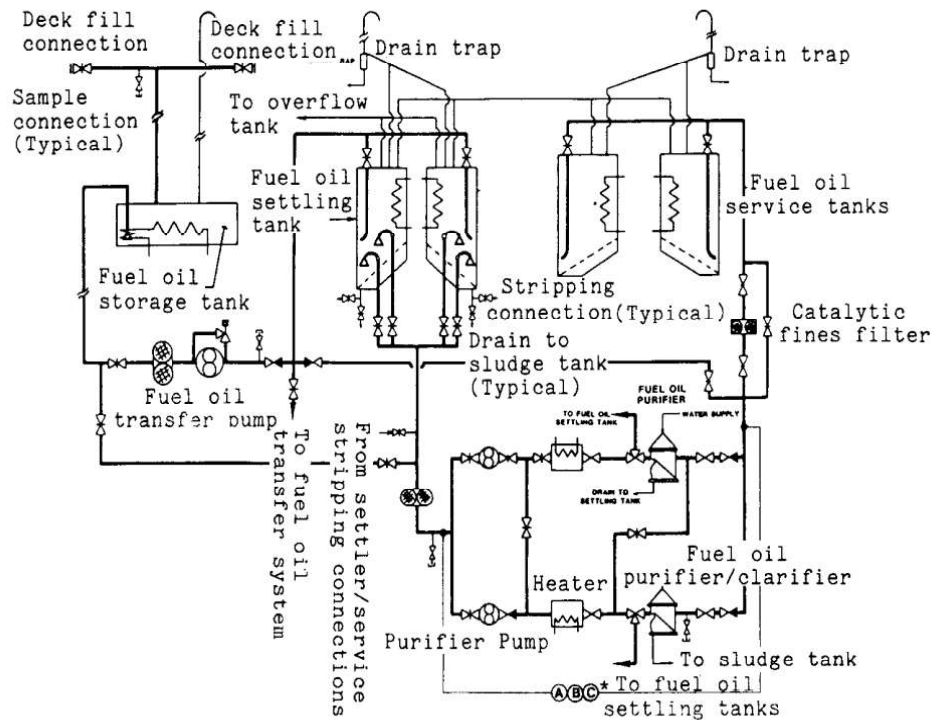
Mesin diesel merupakan mesin yang efisien bagi pembangkitan tenaga dikapal. Mesin ini memiliki efisiensi thermal lebih baik dari mesin lainnya, seperti turbin uap. Mesin diesel memiliki efisiensi termal tertinggi pada range daya 1-50 MW (Takaishi, et al., 2008). Daya tersebut merupakan range daya rata-rata yang sering digunakan dikapal niaga (Harrington, 1971).

Properti bahan bakar kapal terdiri dari dua karakteristik utama. Karakteristik tersebut terdiri dari karakteristik properti, dan karakteristik kandungan bahan bakar. Karakteristik properti bahan bakar terdiri atas viskositas, massa jenis, kandungan karbon, residu aspal, residu udara, vanadium, angka cetane, flash point, pour point, dan nilai panas yang tercipta. Karakteristik kandungan bahan bakar terdiri dari kandungan air, sodium, sedimen, alumina, sludge, fiber, dan produk oksidan.

2.2.1. Pengisian, Transfer, Penyimpanan, dan Sistem Purifikasi

Pada Gambar 2.7 ditampilkan proses dasar pengisian, transfer, penyimpanan, dan sistem purifikasi untuk HFO pada kapal. Pada gambar dipaparkan juga bagian-bagian aliran penanganan HFO dari tangki penyimpanan (*Storage Tank*) hingga bahan bakar digunakan oleh mesin. Bahan bakar ditransfer dari storage tank menuju tangki pengendapan (*Settling Tank*) menggunakan pompa transfer (*transfer pump*) yang diintegrasikan dengan strainer hisap. Dari *Settling Tank* ditransfer ke tangki servis (*Service Tank*) dengan melewati sistem purifikasi. Dua separator sentrifugal dipasang dengan dilengkapi perangkat seperti pompa, pemanas, dan sistem kendali. Sistem dikonfigurasi sesuai dengan desain yang telah ditetapkan (separator dirangkai seri atau paralel, demikian juga dengan konfigurasi purifier/purifier, clarifier/clarifier, atau purifier/clarifier. Kinerja heater separator juga dipaparkan. Bahan

bakar dialirkan kembali dari separator ke *Service Tank* secara langsung atau melewati duplex filter terlebih dahulu apabila diindikasikan bahwa kontaminasi tidak dihilangkan oleh separator secara keseluruhan. Bahan bakar akan disimpan di *Service Tank* hingga dibutuhkan oleh mesin.



Gambar 2.1. Proses dasar pengisian, transfer, penyimpanan, dan sistem purifikasi untuk HFO pada kapal
Sumber: (American Bureau of Shipping, 1984)

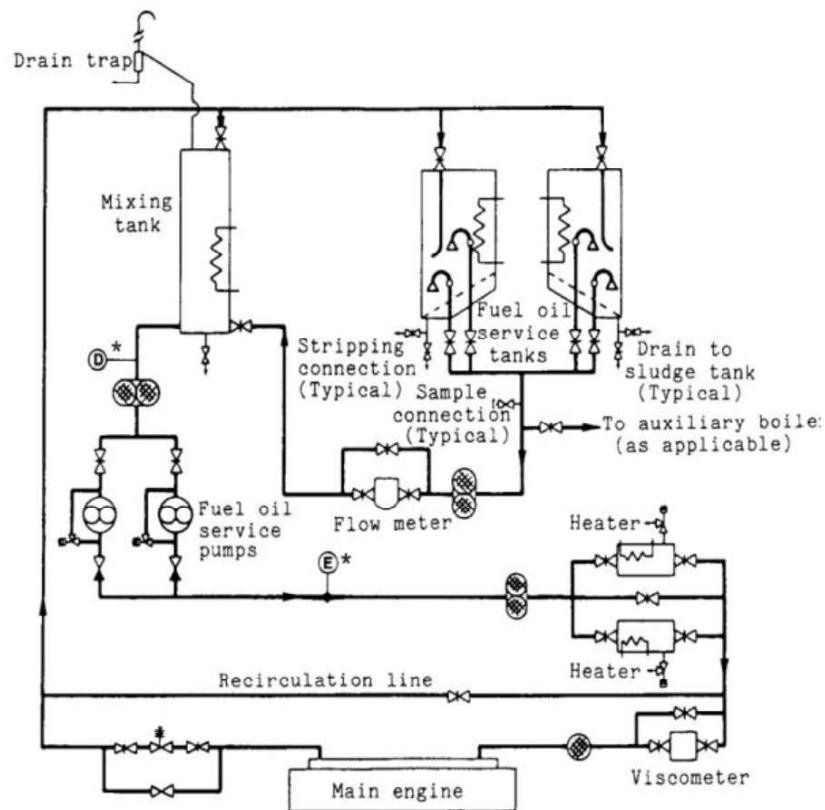
2.2.2. Tangki Pengendapan (*Settling Tanks*)

Settling Tank memiliki beberapa fungsi penting terkait dengan pengolahan HFO. Proses pengendapan air dan benda padat, pemanasan, deaerasi, dan stabilisasi termal akan dilakukan pada tangki ini. *Settling Tank* kapal didesain untuk dapat menerima bahan bakar minyak dengan minimal titik pembakaran 60° centigrade. Konsep pemakaian dua setling tank biasa digunakan untuk mengakomodasi kebutuhan pengolahan bahan

bakar. Satu *Settling Tank* akan digunakan untuk proses pengendapan, sedangkan tangki lainnya menyuplai kebutuhan ke *Service Tank*. Saat satu *Settling Tank* selesai diisi, tangki akan dipanaskan hingga 72⁰ centigrade, atau 4⁰ centigrade dibawah flash pointnya. Pada sistem diesel propulsion, pemanasan sistem *Settling Tank* harus dijaga dan dihindarkan dari disturbance selama proses berlangsung. Tanki harus diisolasi dari reduksi panas yang mungkin terjadi. *Settling Tank* harus mempunyai bentuk bawah tangki yang mampu mendrainase air dan sludge. Air dan sludge didrain pada saat *Settling Tank* digunakan untuk *Service Tank* pada level minyak yang dapat digunakan.

2.2.3. Sistem Servis (*Service System*)

Pada Gambar 2.8 diilustrasikan sistem servis HFO untuk sistem diesel propulsion. Sistem servis bahan bakar dari *Service Tank* menuju permesinan utama, generator, dan boiler. Aliran bahan bakar dari *Service Tank* melewati fuel changeover valve menuju mixing tank. Dari mixing tank, satu dari dua booster pump mengalirkan bahan bakar menuju *fuel oil service heater*, *viscosity controller*, dan *final filter* menuju pompa bahan bakar mesin utama. Bahan bakar berlebih akan dikembalikan lagi ke mixing tank, jika diperlukan akan dikembalikan lagi menuju *Service Tank* melewati changeover valve.



Gambar 2.2. Sistem servis bahan bakar
Sumber: (American Bureau of Shipping, 1984)

2.3. Pengenalan Sistem Otomatisasi

Pada era modernisasi, perkembangan dunia industri semakin berkembang. Hal ini ditandai dengan diperkenalkannya sistem terbaru yang dapat mengefisiensikan suatu pekerjaan. Perkembangan sistem terbaru ini salah satu adalah peralihan prosedur kerja manual mulai tergantikan oleh mesin-mesin canggih yang dapat melakukan kerja sendiri. Istilah istilah otomasi mulai menjadi isu yang selalu disandingkan dengan perkembangan dunia industri.

Sistem otomasi industri merupakan sistem dengan prosedur operasi yang dikendalikan oleh interaksi teknologi mekanik-elektronik. Perpaduan antara mekanik-elektronik akan membentuk kerja berkesinambungan dalam melakukan aktivitas produksi. Sistem mekanik akan bekerja sesuai dengan instruksi

dari sistem elektronik. Sistem elektronik akan menjadi trigger bagi sistem mekanis. Selain dalam tahap produksi, keduanya juga dapat berperan dalam melakukan perhitungan produk dan pengemasan.

Dibutuhkan beberapa tahap dalam melakukan perancangan sistem otomasi industri. Tahap awal adalah mempersiapkan sistem mekanis, dan elektris yang dibutuhkan untuk melakukan suatu produksi. Tahapan kedua adalah mempelajari instruksi - instruksi yang dilakukan oleh mesin yang selama ini dikendalikan secara manual oleh manusia. Tahapan ketiga adalah mengubah instruksi manual menjadi instruksi logika yang dapat dibaca oleh mesin. Pada tahapan keempat, instruksi logika diprogram pada sistem elektris beserta sensor dan aktuator pada sistem mekanis. Tahapan kelima adalah melakukan ujicoba sistem produksi serta memonitoringnya. Tahapan terakhir adalah memastikan semua sistem berjalan sempurna sebelum melakukan operasi produksi.

2.3.1. Sistem Kontrol Bahan Bakar

Bagi kalangan industri, bahan bakar merupakan sistem yang sangat penting dan krusial. Industri yang dimaksud termasuk industri berat, dan transportasi (darat, laut, dan udara). Pentingnya bahan bakar bagi industri tersebut dikarenakan bahan bakar memiliki porsi terbesar dalam anggaran operasi. Bahan bakar merepresentasikan 50-60% dari anggaran bergantung pada skala industri (World Shipping Council, 2008). Oleh sebab itu, penting untuk menjaga efisiensi operasi dan pengolahan bahan bakar sebagai efisiensi energi.

Menjaga efisiensi energi adalah cara terbaik dalam melindungi aset agar aman dan tetap menguntungkan. Efisiensi energi dapat diciptakan dengan menjaga aset tetap kompetitif, mengulangi kesalahan, meningkatkan kecepatan, meningkatkan produktifitas, meningkatkan volume produksi, mengurangi tahapan (tanpa menyebabkan kesalahan baru), mengurangi faktor

manusia, menjaga pengolahan data, mengurangi emisi, dan ekspansi aset (Xerox, 2011).

Memiliki pengaruh terbesar dalam operasi, efisiensi bahan bakar adalah cara terbaik menjaga efisiensi energi. Efisiensi bahan bakar dapat ditingkatkan dengan memilih bahan bakar rendah emisi, menghasilkan daya besar, dan memiliki harga yang ekonomis. Kontrol proses bahan bakar juga memiliki andil besar dalam meningkatkan efisiensi energi. Proses bahan bakar otomatis dapat memenuhi aspek peningkatan efisiensi energi seperti yang telah dikemukakan sebelumnya.

Sistem yang digunakan untuk mengendalikan proses pengolahan bahan bakar dibedakan dari beberapa aspek. Aspek tersebut adalah aspek kebutuhan sistem otomatisasi, dan dimana sistem tersebut diaplikasikan. Sistem kontrol bahan bakar untuk kebutuhan industri didarat akan berbeda dari kebutuhan transportasi. Oleh sebab itu, pengetahuan akan kebutuhan dan skala industri harus dimiliki sebelum melakukan pengendalian sistem.

2.3.2. Kebutuhan Sistem Otomatisasi Bahan Bakar

Pembaharuan sistem bahan bakar memiliki latar belakang yang berbeda sesuai dengan skala dan tipe industrinya. Hal ini disebabkan sistem pengolahan dan pengoperasian bahan bakar tiap-tiap industri berbeda. Industri nuklir misalnya, sistem bahan bakar pada industri ini memiliki perbedaan dengan industri transportasi. Masing-masing transportasi pun memiliki perbedaan, baik transportasi udara, laut, dan udara.

Pebble Bed Reactor merupakan salah satu industri nuklir yang menerapkan otomatisasi pada sistemnya. Latar belakang dari pembaharuan sistem pada industri nuklir dilakukan untuk mewujudkan ketepatan dan kecepatan proses. Sistem “multi-recycled pass” pada sistem mengharuskan distribusi bahan bakar dilakukan secara tepat dan tepat guna menjaga sistem tetap optimal dan terhindar dari kegagalan. Bahan bakar berupa

spherical fuel element akan dimasukkan ke core reactore secara terus menerus, serta dijaga temperatur aliran, dan laju alirannya (Guo, et al., 2012).

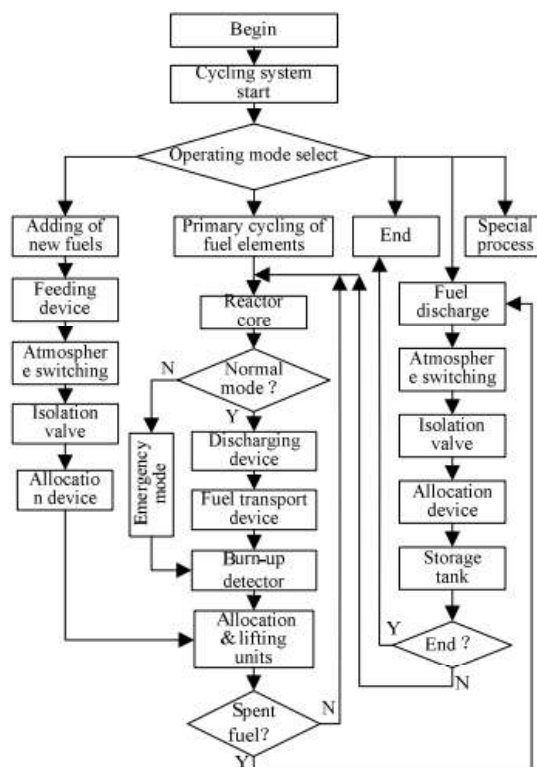
Sistem otomatisasi bahan bakar merupakan sistem yang menjadi studi pada transportasi penerbangan, khususnya angkutan udara. Sistem otomatisasi bahan bakar dikembangkan karena kebutuhan sistem yang mampu mengontrol dan memonitoring penggunaan bahan bakar. Dengan sistem kontrol dan monitoring penggunaan bahan bakar, penentuan kebijakan terhadap penggunaan bahan bakar lebih tepat. Pada awalnya, sistem monitoring bahan bakar dilakukan dengan input data manual pada komputer sehingga pencatatan data tidak sepenuhnya akurat, dan proses monitoring tidak berlangsung cepat. Hal ini berakibat pada kesempurnaan pengambilan keputusan (Bergstrom, 1990). Selain kelemahan pencatatan data, pengendalian konsumsi bahan bakar secara manual juga berdampak pada kesulitan yang dihadapi pada pengoperasian pesawat. Pengaturan throttle, pengaturan volume kecepatan, dan variabel frekuensi kecepatan dilakukan dengan sistem hidrolik. Sistem hidrolik memiliki banyak kekurangan, yaitu energy loss yang besar, efisiensi rendah, struktur yang rumit, dan tercipta kebisingan (Yunhua, et al., 2011).

Sistem otomatisasi pada moda transportasi laut juga mulai dikembangkan. Efisiensi operasi, dan ketepatan kerjamenjadi faktor utama yang menyebabkan pembaharuan sistem mulai dilakukan (Hohn, 2011). Sistem otomatisasi pada kapal dilakukan sesuai dengan kebutuhan sistem didalamnya. Pada proses konsumsi bahan bakar pada mesin, evaporasi bahan bakar yang terjadi pasca minyak keluar dari mesin karena temperatur operasi yang sangat tinggi dan akan merusak pompa apabila uap tersebut terhisap oleh pompa (McKinney, 1995). Pada sistem kapal selam, faktor kesegeraan merupakan faktor utama yang menjadi isu penggantian sistem manual menjadi otomatis (Miftakhur, et al., 2013). Untuk sistem yang lain, seperti sistem penggantian generator utama, baterai, dan generator darurat secara sekuensial pada saat terjadi kegagalan juga menjadi latar

belakang sistem changeover daya listrik diubah dari manual menjadi otomatis (Waramory, et al., 2016).

2.3.3. Sistem Kontrol Bahan Bakar pada Industri di Darat

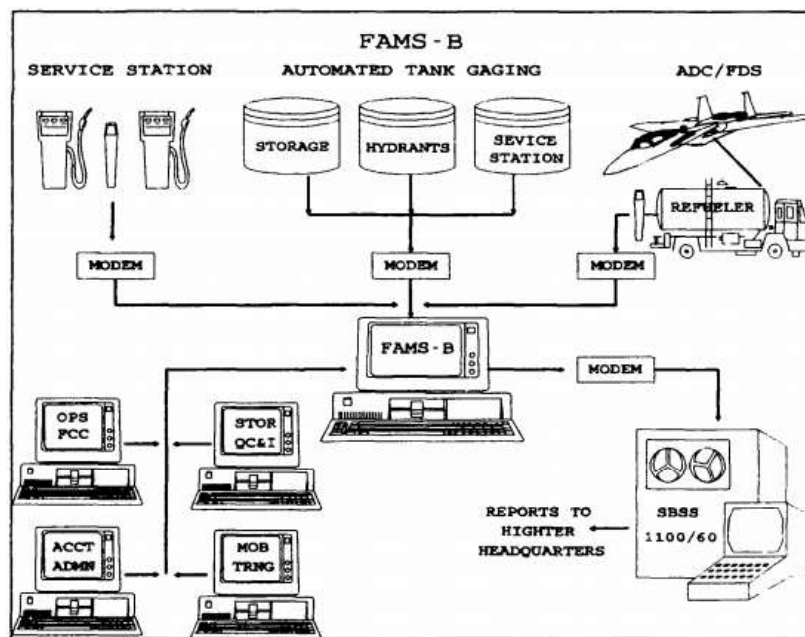
Sistem kontrol industri nuklir dilakukan dengan mengaplikasikan *Programmable Logic Controller* (PLC). PLC diprogram untuk menjalankan fungsi secara sekuensial mulai dari memberikan sinyal pada katup elektrik, kontaktor pompa, dan kontaktor perangkat lain sehingga proses dapat berjalan. Proses yang dijalankan pada kontrol bahan bakar industri nuklir dimulai dari mengalirkan bahan bakar, menuju perangkat pengisian, katup isolasi VA1, mengalirkan gas, proses perubahan atmosfer, katup isolasi VA2, perhitungan fuel ball, kemudian dipisahkan berdasarkan karakteristik fuel ball, dan kemudian dialirkan pada reaktor (Guo, et al., 2012). Urutan otomatisasi pada *Pebble Bed Reactor* ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.3. Urutan Otomatisasi Proses pada *Pebble Bed Reactor*
Sumber: (Guo, et al., 2012)

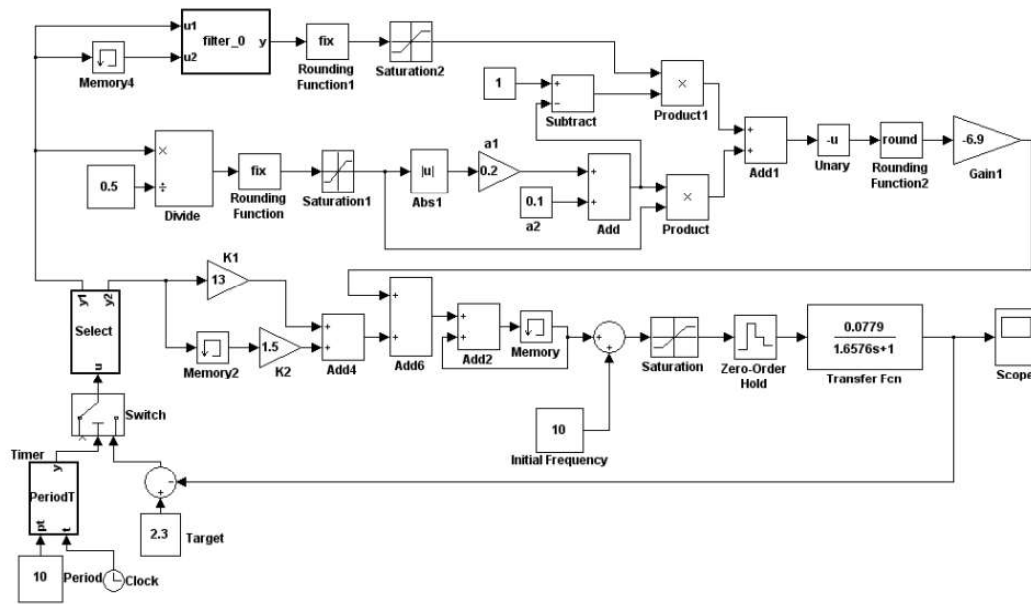
2.3.4. Sistem Kontrol Bahan Bakar pada Pesawat

Sistem kontrol bahan bakar pesawat dibagi menjadi dua bagian. Bagian tersebut meliputi bagian pengisian bahan bakar ke pesawat, dan pengaturan konsumsi bahan bakar diatas pesawat. Pada Gambar 2.2, sistem pengisian bahan bakar pesawat, Militer Amerika Serikat memberi nama FAMS-B untuk program otomatisasi mereka. FAMS-B terdiri dari pembacaan level volume bahan bakar, pengisian bahan bakar, dan pada saat yang bersamaan semua proses dicatat didalam komputer (Bergstorm, 1990). Pada pengaturan konsumsi bahan bakar pada pesawat supersonik, proses pengaturan bahan bakar dimodelkan secara matematis dan menerapkan Fuzzy-PID sebagai basis kontrol otomatis penggunaan bahan bakar (Yunhua et al, 2011). Urutan blok diagram pada otomatisasi pesawat supersonik ditampilkan pad Gambar 2.3.



Gambar 2.4. Sistem Otomatisasi Monitoring Bahan Bakar di Pangkalan Udara

Sumber: (Bergstrom, 1990)

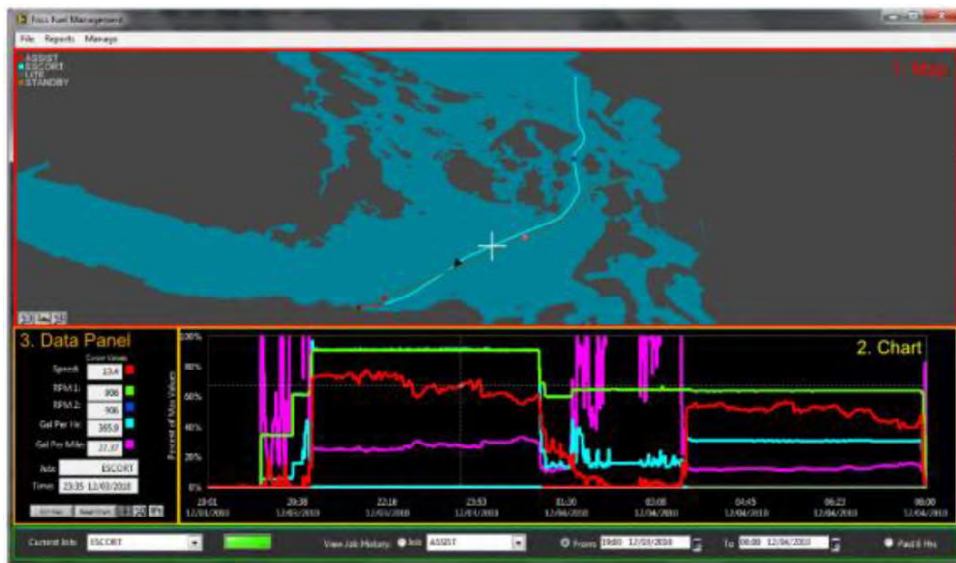


Gambar 2.5. Blok Diagram Otomatisasi Bahan Bakar Pesawat Supersonic

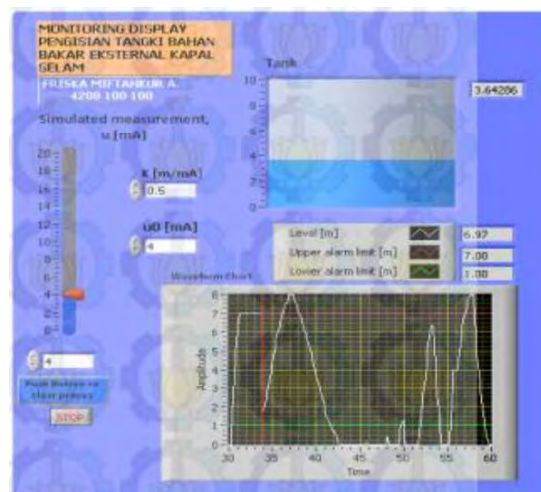
Sumber: (Yunhua, et al., 2011)

2.3.5. Sistem Kontrol Bahan Bakar pada Kapal

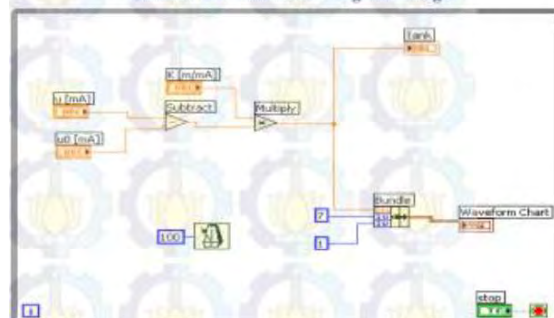
Pada kapal tunda Foss, pengembangan sistem manajemen konsumsi bahan bakar diintegrasikan dengan kecepatan kapal, koordinat GPS, kecepatan arus, dan diintegrasikan dengan komputer *Graphical User Interface* (GUI) (Hohn, 2011). Tampilan GPS dan jalur pelayaran Kapal Tunda Foss ditampilkan pada Gambar 2.4. Pada otomatisasi bahan bakar kapal selam, proses pengolahan bahan bakar dimodelkan dengan software Labview dan disimulasikan dengan tampilan simulasi monitoring (Miftakhur, et al., 2013). Simulasi otomatisasi bahan bakar kapal selam ditunjukkan pada Gambar 2.5. Sedangkan untuk sistem *changeover* daya generator, otomatisasi sistem dilakukan dengan mengaplikasikan PLC dan HMI untuk mengendalikan perpindahan daya dari generator utama, baterai, dan generator darurat (Waramory, et al., 2016). HMI *changeover* daya dijelaskan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Desain Otomatisasi Bahan Bakar Kapal Tunda Foss
Sumber: (Hohn, 2011)

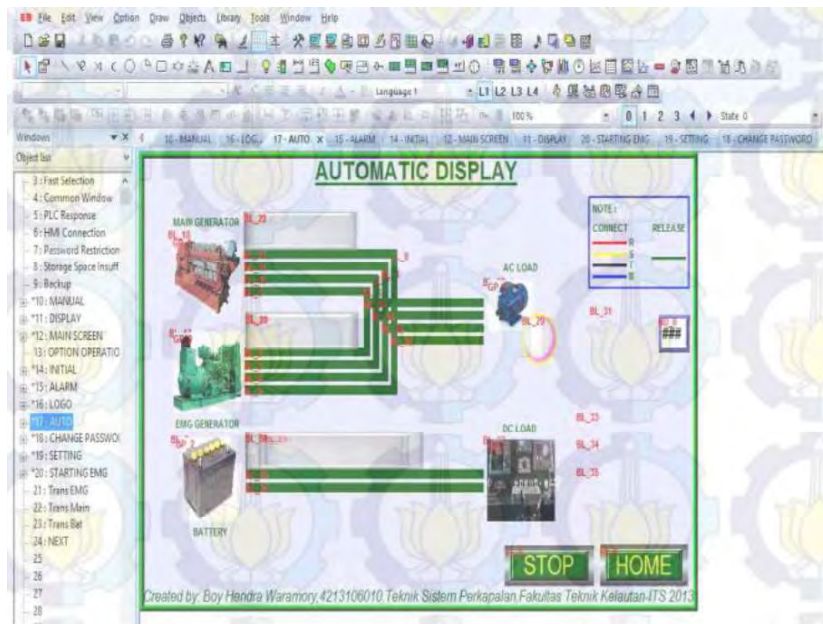


Gambar 3.2 Front Panel Pengisian Tangki



Gambar 2.7. Desain LabView Otomatisasi Bahan Bakar Kapal
Selam

Sumber: (Miftakhur, et al., 2013)



Gambar 2.8. Desain HMI Automatic Change Over Switch
Sumber: (Waramory, et al., 2016)

2.4. Standar Pengolahan Bahan Bakar di Kapal dan Otomatisasinya

Dalam melakukan desain otomatisasi bahan bakar dikapal, diperlukan standar sebagai dasar perancangan. Standar yang digunakan adalah GL Part 1 Section 4 sebagai standar yang dikeluarkan oleh badan klasifikasi, dan Project Guide Wartsilla 46 sebagai standar yang dikelurakan oleh perusahaan pembuat mesin (engine maker).

2.4.1. Germanicher Lloyd Part 1 Chapter 4

Standar ini menerangkan bagaimana sistem otomatisasi pada kapal dilakukan. Pada bagian 5 dan 8 dijelaskan bahwa perangkat otomatisasi dilakukan pada sistem propulsi utama, dan mesin diesel. Pada bab 5 dijelaskan bahwa sistem propulsi harus mampu dikendalikan secara otomatis dari sistem navigasi, dan pengendalian sistem dilakukan dengan rekomendasi dari perusahaan pembuat sistem (manufacturers specification). Pada

bab 8 dijelaskan bagaimana sensor dipasang pada sistem guna memudahkan proses monitoring. Khusus untuk sistem permesinan propulsi utama dengan mesin diesel berkaitan dengan bahan bakar diterangkan bahwa, sensor tekanan bahan bakar dipasang pada pompa injeksi (low limit dan pemicu standby pump), sensor kegagalan pada pipa injeksi, dan sensor tekanan (low limit) pada beberapa jalur pipa bahan bakar (Germanicher Lloyd, 2013). Dikarenakan badan klasifikasi menerapkan standar minimal dalam aturannya, maka modifikasi akan dilakukan pada sistem bahan bakar guna pengaplikasian sistem otomatis.

2.4.2. Project Guide Wartsilla 46

Standar ini merupakan rekomendasi yang dikeluarkan oleh manufaktur mesin. Rekomendasi ini meliputi tata cara pengoperasian mesin, termasuk pengolahan fluida yang akan digunakan. Pada bagian 6 dari project guide dijelaskan proses pengolahan bahan bakar dari storage tank menuju *Service Tank* dan kemudian digunakan oleh mesin. Beberapa rekomendasi yang dikutip dari project guide ini adalah, durasi *Settling Tank* melakukan proses pengendapan adalah 24 jam, day tank harus mampu mengakomodasi konsumsi bahan bakar dengan durasi 8 jam operasi (Wärtsilä, 2013). Untuk sistem PID dan peralatan yang digunakan pada bagian 2.3.2.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Tahap ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan merumuskan masalah yang ada. Pada pengerjaan skripsi ini, permasalahan yang diambil adalah sistem otomatisasi sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO kapal dengan menggunakan PLC Siemens.

3.2. Studi Literatur

Tahap ini merupakan tahap pembelajaran mengenai teori-teori dasar yang akan dibahas pada penulisan skripsi ini. Sumber yang diambil berasal dari buku-buku, paper, internet, tutorial, regulasi, dan lainlain yang mendukung pembahasan skripsi ini.

3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai kapal meliputi data umum kapal, proses transfer dan separasi bahan bakar HFO di kapal. Pada skripsi ini data berdasarkan/merujuk kepada *American Buerau of Shipping* (ABS) dan Wartsila. Tentang regulasi kebutuhan operasi pengolahan bahan bakar.

3.4. Analisa Data

Analisa data merupakan tahap di mana hasil data-data yang telah didapat, di analisa dan direncanakan sebuah sistem yang digunakan untuk mengotomatiskan sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO.

3.5. Perancangan Sistem

Pada tahap perancangan sistem dilakukan sebuah perancangan logika sistem pengolahan bahan bakar HFO di kapal berdasarkan data yang telah dianalisa. Berdasarkan data yang ada dapat dilakukan perancangan program, dan peletakan input/output untuk sistem pengolahan bahan bakar HFO di kapal dengan menambahkan komponen agar program dapat beroperasi dengan baik.

3.6. Pembuatan Program

Setelah perancangan sistem dilakukan, tahapan selanjutnya adalah pembuatan program. Pada tahap ini dilakukan pembuatan fungsi-fungsi untuk tiap komponen. Pembuatan fungsi meliputi hubungan antara keadaan tangki dan operasi peralatan. Dimana, hal ini bertujuan agar sistem dapat berjalan berkesinambungan antara satu peralatan dengan peralatan lain sesuai dengan yang diinginkan berdasarkan referensi dan regulasi yang ada.

3.7. Pengujian Program

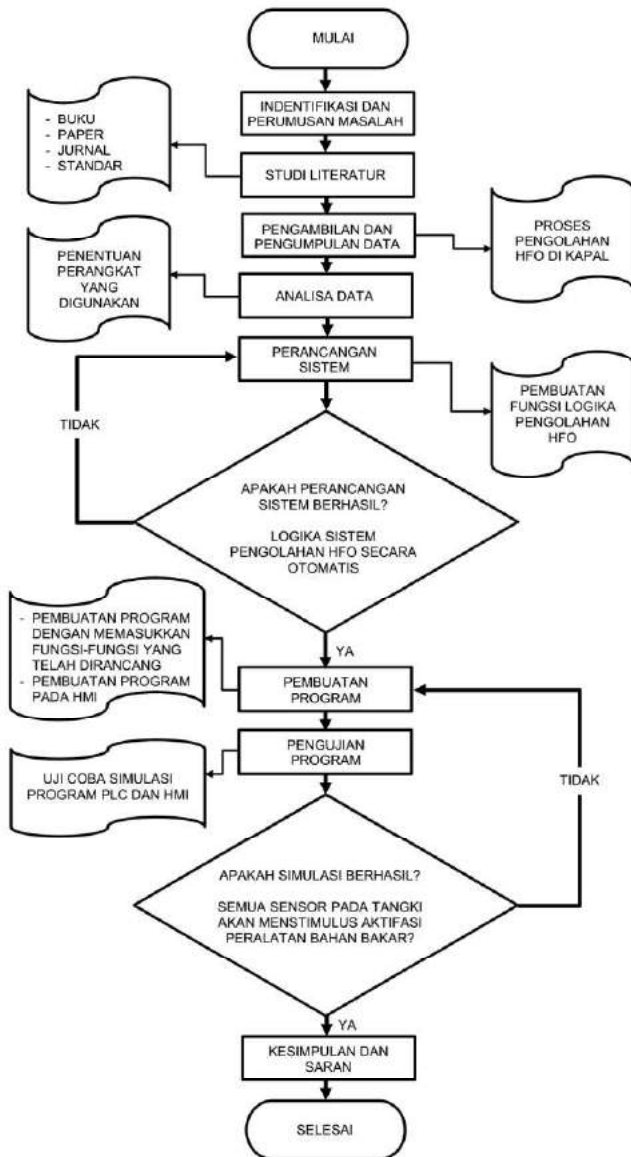
Pengujian program dilakukan dengan mensimulasikan sistem yang dibuat dengan simulator PLC dan HMI pada program yang telah dibuat. Pengujian dilakukan bertujuan untuk mengetahui kinerja sistem transfer dan separasi bahan bakar bekerja sesuai dengan kebutuhan otomatisasi bahan bakar di kapal.

3.8. Kesimpulan dan Saran

Langkah terakhir dalam penyusunan skripsi ini adalah pembuatan kesimpulan dari keseluruhan proses yang telah dilakukan sebelumnya serta memberikan jawaban atas

permasalahan yang ada. Setelah membuat kesimpulan adalah memberikan saran berdasarkan hasil analisa untuk dijadikan dasar pada penelitian selanjutnya, baik terkait secara langsung pada skripsi ini atau secara tidak langsung seperti melalui data dan metodologi yang nantinya akan ditampilkan pada referensi.

Melalui diagram alir, tahapan pembuatan skripsi ini akan ditampilkan pada Gambar 3.1 dihalaman berikutnya.



Gambar 3.1. Diagram alir tahapan skripsi

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Dasar Otomatisasi Pengolahan HFO

Sebelum melakukan pemrograman, peralatan pengolahan HFO akan didata terlebih dahulu. Pendataan peralatan meliputi pengolahan bahan bakar HFO saat ini, dan peralatan yang akan digunakan pada saat sistem akan diperbaharui. Pendataan peralatan akan berguna untuk mengetahui bagaimana sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO akan dilakukan.

4.1.1. Peralatan Eksisting Pengolahan Bahan Bakar HFO

4.1.1.1. Peralatan pada sistem transfer

Peralatan pada sistem transfer berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dari *Bunker Tank* menuju *Settling Tank* dengan menggunakan pompa transfer. Dengan pertimbangan volume yang besar serta menjaga stabilitas kapal, *Bunker Tank* selalu lebih dari satu. Sehingga, penggunaan *Bunker Tank* selalu berganti apabila salah satu *Bunker Tank* kosong.

4.1.1.2. Peralatan pada sistem separasi

Proses separasi secara keseluruhan berfungsi untuk memindahkan residu yang terkandung pada bahan bakar HFO meliputi proses pengendapan dan pemurnian pada separator. Oleh sebab itu, peralatan yang digunakan pada sistem ini harus mampu mengakomodasi fungsinya.

4.1.1.3. Peralatan pada sistem servis

Proses servis yang akan dibahas pada sistem ini adalah proses ketersediaan bahan bakar pada tangki servis dan proses pemindahannya dengan pompa servis (*feed pump*). Sehingga peralatan yang digunakan pada sistem ini akan disesuaikan dengan sistem.

4.1.2. Penambahan Peralatan pada Sistem

Dalam menciptakan pembaharuan sistem pengolahan HFO dikapal, diperlukan peralatan tambahan. Peralatan tambahan pada sistem berguna sebagai fungsi otomatisasi pada sistem yang baru. Peralatan tambahan dapat dikategorikan menjadi dua bagian, yaitu peralatan indikator, dan peralatan aktuatur. Peralatan tambahan ini akan dipasang pada beberapa bagian sistem yang baru. Penempatan peralatan tambahan ini akan disesuaikan dengan fungsi dan kinerjanya.

4.1.2.1. Peralatan Indikator

Peralatan indikator berfungsi untuk memberikan informasi keadaan sistem. Pada sistem pengolahan HFO secara otomatis, peralatan indikator berupa indikator level ketinggian tanki akan dipasang pada setiap tangki bahan bakar. Tangki yang akan dipasang indikator level adalah tangki penyimpanan (*Bunker Tank*), tangki pengendapan (*Settling Tank*), dan tangki servis (*Service Tank*). Setiap informasi pada setiap tangki akan diterima dan diolah oleh PLC untuk menjalankan sistem yang lain.

4.1.2.2. Peralatan Aktuatur

Peralatan aktuatur berfungsi untuk menerima dan menjalankan perintah dari indikator yang telah diolah oleh PLC. Pada sistem pengolahan HFO secara otomatis, peralatan aktuatur berupa *trigger* (contoh: kontaktor) akan dipasang pada motor pompa, katup bahan bakar, dan katup pemanas (apabila menggunakan boiler). Setiap perintah yang diterima peralatan aktuatur akan dijalankan secara sekuensial.

Peralatan yang digunakan pada kondisi eksisting, dan penambahan peralatan akan ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Peralatan pada Otomatisasi Sistem Transfer dan Separasi HFO

Peralatan pada Kondisi Eksisting Sistem Pengolahan HFO		
Peralatan Sistem Transfer		
No	Nama Peralatan	Jumlah
1)	<i>Storage tank / Bunker Tank</i>	4
2)	Katup	
	a. Katup sebelum <i>storage tank</i>	2
	b. Katup setelah <i>storage</i> (operasi)	2
	c. Katup sebelum pompa transfer	2
3)	Pompa transfer	2
Peralatan Sistem Separasi		
No	Nama Peralatan	Jumlah
1)	<i>Settling Tank</i>	2
2)	Katup	
	a. Katup sebelum <i>Settling Tank</i>	2
	b. Katup setelah <i>Settling Tank</i> (operasi)	2
	c. Katup setelah <i>Settling Tank</i> (sludge)	2
	d. Katup sebelum pompa separasi	2
3)	Pompa separator (<i>Separator Pump</i>)	2
4)	Pemanas sebelum separator (<i>Separator Heater</i>)	2
5)	<i>Separator</i>	2
Peralatan Sistem Servis		
No	Nama Peralatan	Jumlah
1)	<i>Service Tank / Day Tank</i>	2
2)	Katup	
	a. Katup sebelum <i>Service Tank</i>	2
	b. Katup setelah <i>Service Tank</i> (operasi)	2
	c. Katup setelah <i>service</i> (sludge)	2
	d. Katup sebelum pompa servis	2

Peralatan yang Akan Ditambahkan pada Sistem		
Peralatan Indikator		
No	Nama Peralatan	Jumlah
1)	Indikator pada level tinggi (<i>high level sensor</i>) pada setiap tangki	8
2)	Indikator pada level rendah (<i>low level sensor</i>) pada setiap tangki	8
Peralatan Aktuator		
No	Nama Peralatan	Jumlah
1)	Aktuator pompa	6
2)	Aktuator katup	12
3)	Aktuator pemanas	2
Catatan: Aksesoris tangki dan pompa (seperti strainer, dan filter) tidak dimasukkan karena peralatan tersebut tidak termasuk peralatan yang akan diotomatisasikan.		

4.1.3. Perhitungan Volume Bahan Bakar

4.1.3.1. Asumsi Perhitungan

Manufaktur	:	Wartsilla
Type Mesin	:	8L46F
Daya	:	9600 kW
Bore Stroke Ratio	:	460/580
Specific Fuel Oil Consumption	:	178 gr/kWh
Asumsi Endurance Kapal	:	7 hari

4.1.3.2. Persamaan

W	=	$P \times \text{SFOC} \times \text{Endurance} \times 10^{-6}$
W	=	Berat bahan bakar yang digunakan
P	=	Daya Mesin
SFOC	=	<i>Specific Fuel Oil Consumption</i>
Endurance	=	Durasi Persediaan

$$\begin{aligned}
 V &= W / \rho \text{ HFO} \\
 V &= \text{Volume Bahan Bakar} \\
 \rho \text{ HFO} &= \text{Berat Jenis HFO (890 ton/cbm)} \\
 \\
 Q &= V/t \\
 Q &= \text{Debit} \\
 V &= \text{Volume} \\
 t &= \text{Durasi}
 \end{aligned}$$

4.1.3.3. Perhitungan *Storage tank*

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 P &= 9600 \text{ kW} \\
 \text{SFOC} &= 178 \text{ gr/kWh} \\
 \text{Endurane} &= 7 \text{ hari} \quad ; \quad 168 \text{ jam} \\
 \rho \text{ HFO} &= 0.89 \text{ ton/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= P \times \text{SFOC} \times \text{Endurance} \times 10^{-6} \\
 &= 9600 \times 178 \times 168 \times 10^{-6} \\
 &= 287.0784 \text{ ton} \\
 \text{Diambil} &= 288 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= W / \rho \text{ HFO} \\
 &= 287.0784 / 0.89 \\
 &= 322.56 \text{ m}^3 \\
 \text{Diambil} &= 323 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4.1.3.4. Perhitungan *Settling Tank*

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 P &= 9600 \text{ kW} \\
 \text{SFOC} &= 178 \text{ gr/kWh} \\
 \text{Endurane} &= 28 \text{ jam} \\
 \rho \text{ HFO} &= 0.89 \text{ ton/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= P \times \text{SFOC} \times \text{Endurance} \times 10^{-6} \\
 &= 9600 \times 178 \times 10 \times 10^{-6} \\
 &= 42.5833 \quad \text{ton} \\
 \text{Diambil} &= 43 \quad \text{ton} \\
 \\
 V &= W / \rho_{\text{HFO}} \\
 &= 287.0784 / 0.89 \\
 &= 47.8464 \quad \text{m}^3 \\
 \text{Diambil} &= 48 \quad \text{m}^3
 \end{aligned}$$

4.1.3.5. Perhitungan *Service Tank*

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 P &= 9600 \quad \text{kW} \\
 \text{SFOC} &= 178 \quad \text{gr/kWh} \\
 \text{Endurane} &= 8 \quad \text{jam} \\
 \rho_{\text{HFO}} &= 0.89 \quad \text{ton/m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W &= P \times \text{SFOC} \times \text{Endurance} \times 10^{-6} \\
 &= 9600 \times 178 \times 10 \times 10^{-6} \\
 &= 12.1667 \quad \text{ton} \\
 \text{Diambil} &= 13 \quad \text{ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V &= W / \rho_{\text{HFO}} \\
 &= 287.0784 / 0.89 \\
 &= 13.6704 \quad \text{m}^3 \\
 \text{Diambil} &= 14 \quad \text{m}^3
 \end{aligned}$$

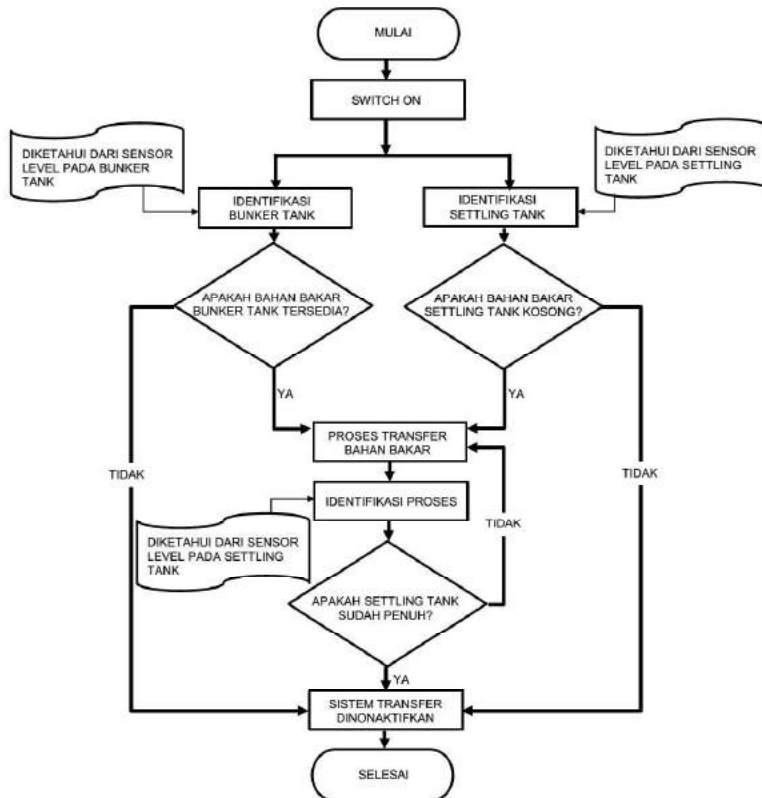
4.2. Pembuatan Logika Kerja Pengolahan HFO

Untuk memulai proses pemrograman, sistem manual akan diubah menjadi sistem sekuensial. Hal ini dikarenakan PLC hanya dapat menerima sistem yang telah dimodifikasi menjadi sistem yang bekerja tahap demi tahap. Tahapan tersebut meliputi sebab dan akibat jalannya proses pada suatu sistem. Oleh sebab itu, sistem yang ingin diotomatisasikan terlebih dahulu dibuat logika kerjanya sebelum keseluruhan sistem diprogram. Berkaitan dengan otomatisasi sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO dikapal, logika kerja pengolahannya akan disusun sebelum proses pemrograman dilakukan.

Sistem pengolahan HFO dikapal terbagi atas tiga (3) tahapan utama, yaitu sistem transfer (*Transfer System*), sistem separasi (*Separation System*), dan sistem servis (*Service System*). Ketiganya memiliki logika kerja yang berbeda. Oleh sebab itu, logika kerja untuk masing-masing sistem akan dibuat secara terpisah.

4.2.1. Logika Kerja *Transfer System*

Sistem transfer merupakan sistem yang melayani pemindahan bahan bakar HFO dari *Bunker Tank* menuju *Settling Tank*. Secara umum, minyak akan dialirkan dari *Bunker Tank* pada saat *Settling Tank* kosong. Meskipun demikian, ada beberapa kondisi yang harus diakomodasi sistem transfer. Dalam proses kerjanya, sistem transfer dapat dibedakan dengan beberapa kondisi. Kondisi tersebut meliputi kondisi pada saat kondisi pada saat semua *Bunker Tank* terisi minyak, kondisi pada saat salah satu *Bunker Tank* dalam kondisi kosong, kondisi pada saat *Bunker Tank* kembali diisi, kondisi pada saat *Bunker Tank* kosong, dan kondisi pada saat seluruh *Settling Tank* sudah penuh terisi. Masing-masing kondisi akan dijelaskan melalui diagram blok pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Diagram alir *Transfer System*

4.2.1.1. Kondisi seluruh *Settling Tank* kosong

Proses transfer bahan bakar dari *Bunker Tank* ke *Settling Tank* dimulai pada saat ada permintaan dari *Settling Tank*, dan minyak pada *Bunker Tank* tersedia. Apabila seluruh *Settling Tank* kosong yang ditandai dengan tidak adanya sinyal dari *low level sensor* pada tangki, maka tangki pertama yang akan diisi adalah *Settling Tank* nomor satu (1). Saat *Settling Tank* nomor satu (1) penuh yang ditandai dengan adanya sinyal dari *high level sensor*

pada *Settling Tank* nomor satu (1), maka proses pengisian akan dilanjutkan pada *Settling Tank* nomor dua (2), pada saat *Settling Tank* nomor dua (2) sudah penuh yang ditandai dengan adanya sinyal *high level sensor*, maka proses transfer bahan bakar akan dihentikan secara keseluruhan. Proses pengisian pada kedua tangki ditandai dengan jalannya pemompaan minyak dari *Bunker Tank*, dan katup sebelum *Settling Tank* akan terbuka.

4.2.1.2. Kondisi semua *Bunker Tank* terisi minyak

Pada saat *Settling Tank* kosong dan semua *Bunker Tank* terisi minyak, proses pemompaan minyak akan dimulai dari *Bunker Tank* nomor satu (1). Pada saat kondisi ini mulai, katup yang berada setelah *Bunker Tank* nomor satu (1), katup sebelum pompa transfer, dan katup sebelum *Settling Tank* nomor satu (1) akan terbuka. Pengisian dilakukan pada *Settling Tank* nomor satu (1), dan dilanjutkan dengan pengisian pada *Settling Tank* nomor dua (2) hingga keduanya penuh yang ditandai dengan aktifnya *high level sensor*.

4.2.1.3. Kondisi salah satu *Bunker Tank* kosong

Saat awal proses pengisian *Settling Tank* nomor satu (1) dijalankan, minyak akan ditransfer dari *Bunker Tank* nomor satu (1). Apabila minyak pada *Bunker Tank* nomor satu (1) habis yang ditandai dengan tidak aktifnya *low level sensor*. Pada saat yang bersamaan, katup yang terletak setelah *Bunker Tank* nomor satu (1) akan ditutup, dan proses pengisian akan dialihkan ke *Bunker Tank* nomor dua (2). Proses pengalihan ditandai dengan pengaktifan katup *Bunker Tank* nomor dua (2). Selanjutnya, apabila minyak *Bunker Tank* nomor dua (2) juga habis, proses pengisian akan dilanjutkan pada *Bunker Tank* nomor tiga (3), dan proses pengalihan akan berjalan seterusnya.

4.2.1.4. Kondisi saat *Bunker Tank* kembali diisi

Pada saat hanya menyisakan satu tangki bahan bakar yang dibawanya, kapal akan melakukan proses pengisian bahan

bakar HFO pada stasiun bahan bakar. Proses ini dinamakan proses *bunkering*. Saat proses bunkering selesai, tangki-tangki penyimpanan HFO akan kembali penuh terisi. Terisinya minyak pada tangki penyimpanan akan mengaktifkan kembali *low level sensor* pada *Bunker Tank*. Mengadopsi sistem *first in-first out*, proses pengisian tidak akan langsung dikembalikan pada *Bunker Tank* nomor satu (1). Proses pengisian akan tetap dilakukan pada tangki penyimpanan terakhir, hingga *low level sensor* tidak aktif atau minyak pada tangki terakhir habis. Apabila minyak pada tangki penyimpanan habis, maka proses pengisian akan dikembalikan pada *Bunker Tank* nomor satu (1). Proses pengalihan seperti ini akan terus dijalankan agar semua HFO digunakan pada waktu yang tepat, dan HFO tidak kadaluarsa.

4.2.1.5. Kondisi semua *Bunker Tank* kosong

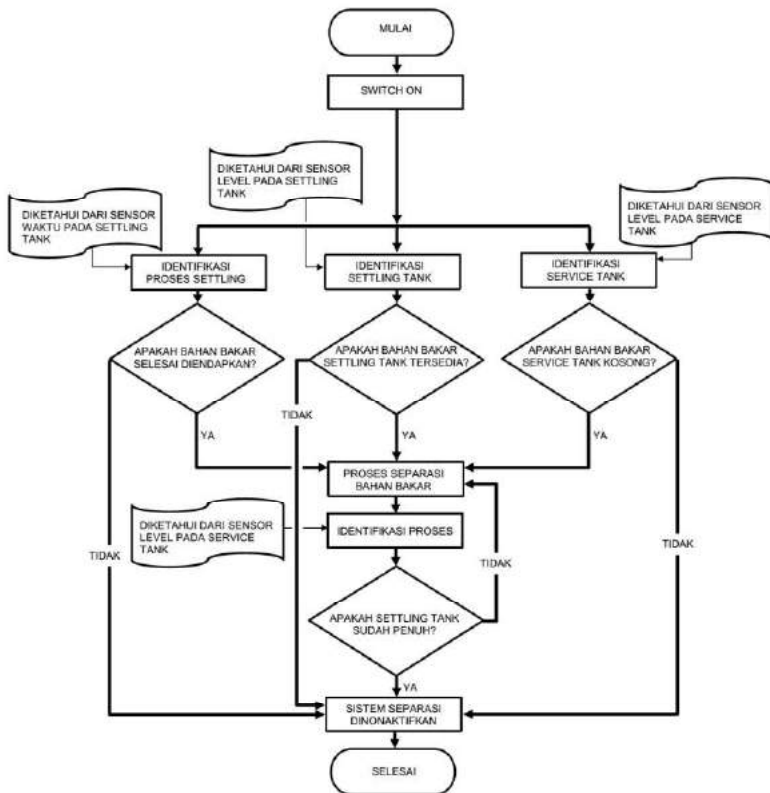
Pengisian akan dilakukan apabila ada permintaan dari *Settling Tank*, dan minyak tersedia di *Bunker Tank*. Apabila kondisi *Settling Tank* kosong, dan *Bunker Tank* juga kosong maka pengisian bahan bakar tidak akan dilakukan. Hal ini akan ditandai dengan tertutupnya semua katup, baik katup pada *Bunker Tank*, katup pada pompa, dan katup pada *Settling Tank*. Pompa transfer tidak akan dioperasikan pada kondisi ini.

4.2.1.6. Kondisi seluruh *Settling Tank* terisi minyak

Apabila kedua *Settling Tank* penuh, yang ditandai dengan aktifnya *high level sensor*, maka proses transfer bahan bakar akan dihentikan. Pada kondisi seluruh katup bunker, katup pompa, dan katup *Settling Tank* akan ditutup. Kinerja pompa transfer akan dihentikan. Proses transfer akan kembali dilakukan apabila *Settling Tank* kembali kosong.

4.2.2. Logika Kerja *Separation System*

Separation System merupakan sistem yang bekerja untuk memisahkan bahan bakar dari residunya. Proses kerja secara umum proses ini adalah minyak dipompa dari *Settling Tank* melewati rangkaian separator. Rangkaian separator terdiri dari pompa, pemanas, dan separator itu sendiri. Logika kerja dari sistem ini akan dipengaruhi beberapa kondisi *Settling Tank* dan *Service Tank* seperti yang tertera pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2. Diagram alir *Separation System*

4.2.2.1. Kondisi seluruh *Service Tank* kosong

Proses separasi bahan bakar dari *Settling Tank* ke *Service Tank* dimulai pada saat ada permintaan dari *Service Tank*, dan minyak pada *Settling Tank* tersedia. Apabila seluruh *Service Tank* kosong yang ditandai dengan tidak adanya sinyal dari *low level sensor* pada tangki, maka tangki pertama yang akan diisi adalah *Service Tank* nomor satu (1). Saat *Service Tank* nomor satu (1) penuh yang ditandai dengan adanya sinyal dari *high level sensor*, maka proses pengisian akan dilanjutkan pada *Service Tank* nomor dua (2).

4.2.2.2. Proses pengendapan dan pemanasan

Setelah *Settling Tank* penuh, proses pengendapan dan pemanasan akan dimulai. *Settling Tank* akan didiamkan selama 24 jam dengan temperatur 50-70⁰ Centigrade. Hal ini ditandai dengan terbukanya katup heater (apabila menggunakan boiler) dan uap akan memanaskan minyak. *Settling Tank* baru akan dioperasikan apabila proses pemanasan dan pengendapan telah selesai dilakukan.

4.2.2.3. Kondisi seluruh *Settling Tank* terisi minyak

Pada saat *Service Tank* kosong dan semua *Settling Tank* terisi minyak, proses pemompaan minyak akan dimulai dari *Settling Tank* nomor satu (1). Pada saat kondisi ini mulai, katup yang berada setelah *Settling Tank* nomor satu (1), katup pompa, katup heater, katup separator, dan katup sebelum *Service Tank* nomor satu (1) akan terbuka. Pengisian dilakukan pada *Service Tank* nomor satu (1), dan dilanjutkan dengan pengisian pada *Service Tank* nomor dua (2) hingga keduanya penuh yang ditandai dengan aktifnya *high level sensor*.

4.2.2.4. Kondisi salah satu *Settling Tank* kosong

Saat awal proses pengisian *Service Tank* nomor satu (1) dijalankan, minyak akan dipompa dari *Settling Tank* nomor satu

(1). Apabila minyak pada *Settling Tank* nomor satu (1) habis yang ditandai dengan tidak aktifnya *low level sensor*. Pada saat yang bersamaan, katup yang terletak setelah *Settling Tank* nomor satu (1) akan ditutup, dan proses pengisian akan dialihkan ke *Settling Tank* nomor dua (2). Proses pengalihan ditandai dengan pengaktifasian katup *Settling Tank* nomor dua (2).

4.2.2.5. Kondisi semua *Settling Tank* kosong

Sistem separasi akan dilakukan apabila ada permintaan dari *Service Tank*, dan minyak tersedia di *Settling Tank*. Apabila kondisi *Service Tank* kosong, dan *Settling Tank* juga kosong atau sedang dalam proses pengendapan, maka pengisian bahan bakar tidak akan dilakukan. Hal ini akan ditandai dengan tertutupnya semua katup, baik katup pada *Settling Tank*, katup separator, dan katup pada *Service Tank*. Pompa separator dan pemanasnya tidak akan dioperasikan pada kondisi ini.

4.2.2.6. Kondisi seluruh *Service Tank* terisi minyak

Apabila kedua *Service Tank* penuh, yang ditandai dengan aktifnya *high level sensor*, maka proses separasi bahan bakar akan dihentikan. Pada kondisi seluruh katup service, katup pompa separator, dan katup service tank akan ditutup. Kinerja separator akan dihentikan. Proses separasi akan kembali dilakukan apabila *Service Tank* kembali kosong.

4.2.2.7. Proses sludging *Settling Tank*

Sludge merupakan residu hasil pengendapan HFO di *Settling Tank*. Sludge tidak digunakan pada proses separasi, dan harus dialirkan menuju sludge tank sebagai tempat pembuangannya. Proses sludging dilakukan dengan memberikan katup sludge pada *Settling Tank*. Katup sludge *Settling Tank* akan dibuka pada saat *low level Settling Tank* tidak mendeteksi minyak. Tangki akan diisi kembali pada saat *Settling Tank* telah dikosongkan.

4.2.3. Logika Kerja Service System

Service system merupakan sistem yang mengakomodasi transfer bahan bakar mesin. Secara umum, bahan bakar dari *Service Tank* akan dipompa menuju mesin. Pompa yang bertugas dalam proses ini adalah *HFO Feed Pump*. Dalam membuat logika kerja *service system*, ada beberapa kondisi yang harus diakomodasi. Kondisi tersebut berkaitan dengan kebutuhan mesin, dan ketersediaan bahan bakar pada *Service Tank*.

4.2.3.1. Kondisi permintaan dari mesin

Proses pemompaan bahan bakar dari *Service Tank* akan dijalankan apabila ada permintaan dari mesin. Sebelum mesin dihidupkan, bahan bakar akan disirkulasi melewati mesin. Hal ini ditandai dengan aktifnya *HFO Feed Pump*. Saat *HFO Feed Pump* dinyalakan, proses pemompaan bahan bakar pun akan dimulai. Apabila kondisi *Service Tank* keduanya terisi minyak, tangki yang akan beroperasi terlebih dahulu adalah *Service Tank* nomor satu (1) yang ditandai dengan terbukanya katup, dan beroperasinya pompa.

4.2.3.2. Kondisi salah satu *Service Tank* kosong

Apabila minyak pada *Service Tank* nomor satu (1) habis yang ditandai dengan tidak aktifnya *low level sensor*. Pada saat yang bersamaan, katup yang terletak *setelah service tank* nomor satu (1) akan ditutup, dan proses pengisian akan dialihkan ke *Service Tank* nomor dua (2). Proses pengalihan ditandai dengan pengaktifan katup *Service Tank* nomor dua (2).

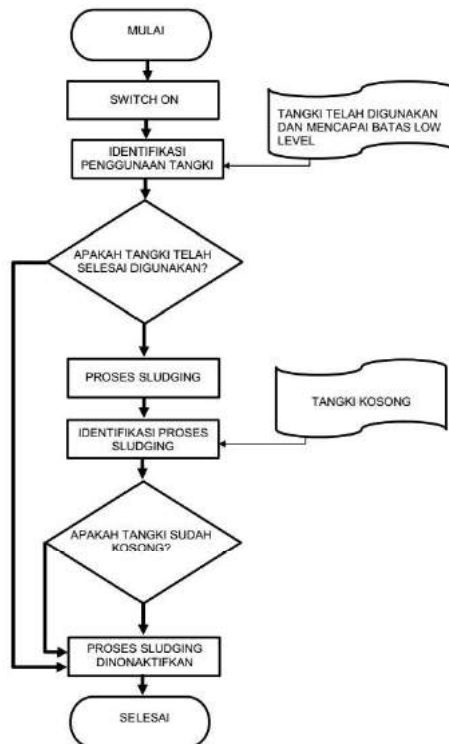
4.2.3.3. Kondisi semua *Service Tank* kosong

Sistem *service* akan dilakukan apabila ada permintaan dari mesin, dan minyak tersedia di *Service Tank*. Apabila kondisi mesin memerlukan minyak, dan *Service Tank* juga kosong, maka transfer bahan bakar tidak akan dilakukan. Hal ini akan ditandai dengan tertutupnya semua katup, baik katup pada *Service*

Tank, dan katup pompa. Pompa service tidak akan dioperasikan pada kondisi ini.

4.2.3.4. Proses *sludging* *Service Tank*

Sama halnya dengan *Settling Tank*, saat *low level sensor* pada *Service Tank* tidak mendeteksi minyak, maka proses *sludging* pada *service* akan dilakukan. Proses ini ditandai dengan terbukanya katup *sludge Service Tank*. Saat proses *sludging* *Service Tank* selesai dilakukan, maka *Service Tank* akan kembali diisi. Blok diagram sistem *sludging* ditampilkan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Diagram alir sistem *sludging*

4.3. Spesifikasi PLC dan HMI yang digunakan

Pada lampiran 2, ditunjukkan *Automation Network Topology*. Diagram ini merupakan sebuah konfigurasi yang digunakan dari sistem kontrol PLC Simatic S7-300, HMI Panel Operation, dan peralatan yang digunakan. Skema diagram ini telah dirancang dan akan digunakan pada otomatisasi sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO di kapal. Tabel 4.2, Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 menampilkan peralatan pada otomatisasi pengolahan HFO.

Tabel 4.2. Automation Topology (Equipment)

Controller and HMI		
No	Code	Name of Equipment
1	PS-001	Power supply
2	CPU-001	Siemens S7 300
3	DI-001	Digital Input 1
4	DI-002	Digital Input 2
5	DO-001	Digital Output 1
6	DO-002	Digital Output 2
7	HMI-001	Human Machine Interface
8	PG/PC	PC Pemrograman

Tabel 4. 3. Automation Topology (Input)

Digital Input		
No.	Code	Name of Equipment
1	ON Button	On Button
2	MG-FR-01	Main Generator Phase Failure
3	EG-FR-01	Emergency Generator Phase Failure
4	WF-TP001	Transfer Pump 1 Work Failure
5	WF-TP002	Transfer Pump 2 Work Failure

6	WF-SP001	Separator Pump 1 Work Failure
7	WF-SP002	Separator Pump 2 Work Failure
8	WF-SS001	Separator Motor 1 Work Failure
9	WF-SS002	Separator Motor 2 Work Failure
10	WF-FP001	Feed Pump 1 Work Failure
11	WF-FP002	Feed Pump 2 Work Failure
12	WF-BP001	Booster Pump 1 Work Failure
13	WF-BP002	Booster Pump 2 Work Failure
14	WF-CP001	Circulating Pump 1 Work Failure
15	WF-CP002	Circulating Pump 2 Work Failure
16	BT-01-S-LL	Low Level Sensor <i>Bunker Tank 1</i>
17	BT-02-S-LL	Low Level Sensor <i>Bunker Tank 2</i>
18	BT-03-S-LL	Low Level Sensor <i>Bunker Tank 3</i>
19	BT-04-S-LL	Low Level Sensor <i>Bunker Tank 4</i>
20	ST-01-S-LL	Low Level Sensor <i>Settling Tank 1</i>
21	ST-01-S-HL	High Level Sensor <i>Settling Tank 1</i>
22	ST-02-S-LL	Low Level Sensor <i>Settling Tank 2</i>
23	ST-02-S-HL	High Level Sensor <i>Settling Tank 2</i>
24	DT-01-S-LL	Low Level Sensor <i>Day Tank 1</i>
25	DT-01-S-HL	High Level Sensor <i>Day Tank 2</i>
26	DT-02-S-LL	Low Level Sensor <i>Day Tank 2</i>
27	DT-02-S-HL	High Level Sensor <i>Day Tank 2</i>

Tabel 4.4. Automation Topology (Output)

Digital Output		
No.	Code	Name of Equipment
1	BT-01-CV-AF	Control Valve After <i>Bunker Tank 1</i>
2	BT-02-CV-AF	Control Valve After <i>Bunker Tank 2</i>
3	BT-03-CV-AF	Control Valve After <i>Bunker Tank 3</i>

4	BT-04-CV-AF	Control Valve After <i>Bunker Tank 4</i>
5	TP-01-CV-BV	Control Valve Before Transfer Pump 1
6	TP-02-CV-BV	Control Valve Before Transfer Pump 1
7	ST-01-CV-BF	Control Valve Before <i>Settling Tank 1</i>
8	ST-01-CV-AF	Control Valve After <i>Settling Tank 1</i>
9	ST-02-CV-BF	Control Valve Before <i>Settling Tank 2</i>
10	ST-02-CV-AF	Control Valve After <i>Settling Tank 2</i>
11	SP-01-CV-BV	Control Valve Before Separator Pump 1
12	SP-02-CV-BV	Control Valve Before Separator Pump 2
13	SS-01-CV-BV	Control Valve Before Separator Unit 1
14	SS-02-CV-BV	Control Valve Before Separator Unit 2
15	DT-01-CV-BF	Control Valve Before Day Tank 1
16	DT-01-CV-AF	Control Valve After Day Tank 1
17	DT-02-CV-BF	Control Valve Before Day Tank 2
18	DT-02-CV-AF	Control Valve After Day Tank 2
19	FP-01-CV-BV	Control Valve Feed Pump 1
20	FP-02-CV-BV	Control Valve Before Feed Pump 2
21	BP-01-CV-BV	Control Valve Before Booster Pump 1
22	FP-02-CV-BV	Control Valve Before Booster Pump 2
23	FP-01-CV-BV	Control Valve Before Circulating Pump 1
24	FP-02-CV-BV	Control Valve Before Circulating Pump 2
25	TP-001	Transfer Pump 1 Actuator
26	TP-002	Transfer Pump 2 Actuator
27	SP-001	Separator Pump 1 Actuator
28	SP-002	Separator Pump 2 Actuator
29	SS-001	Separator Unit 1 Actuator
30	SS-002	Separator Unit 2 Actuator
31	FP-001	Feed Pump 1 Actuator
32	FP-002	Feed Pump 2 Actuator

33	BP-001	Booster Pump 1 Actuator
34	BP-002	Booster Pump 2 Actuator
35	CP-001	Circulating Pump 2 Actuator
36	CP-002	Circulating Pump 1 Actuator
37	BT-01-CV-HT	Heater <i>Bunker Tank 1</i>
38	BT-02-CV-HT	Heater <i>Bunker Tank 2</i>
39	BT-03-CV-HT	Heater <i>Bunker Tank 3</i>
40	BT-04-CV-HT	Heater <i>Bunker Tank 4</i>
41	ST-01-CV-HT	Heater <i>Settling Tank 1</i>
42	ST-02-CV-HT	Heater <i>Settling Tank 2</i>
43	DT-01-CV-HT	Heater Day Tank 1
44	DT-02-CV-HT	Heater Day Tank 2
45	ST-01-CV-DR	Drain <i>Settling Tank 1</i>
46	ST-02-CV-DR	Drain <i>Settling Tank 2</i>
47	DT-01-CV-DR	Drain Day Tank 1
48	DT-02-CV-DR	Drain Day Tank 2

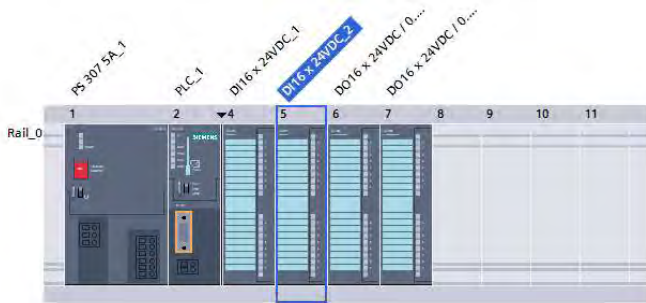
4.3.1. Spesifikasi PLC

Pada sisi sistem kontrol, terdapat beberapa komponen atau modul-modul PLC untuk mengendalikan input / output pada sistem. PLC merupakan rangkaian konfigurasi Power Supply, Main CPU 312 [6ES7 312-1AE13-0AB0], Digital Input Module, Digital Output Modul. Kemudian pada sisi remote I/O merupakan rangkain konfigurasi disesuaikan dengan banyaknya peralatan yang akan diotomatisasikan. Pada sistem pengolahan HFO, remote I/O yang akan digunakan masing-masing sebanyak dua (2) buah. Input sistem menggunakan DI16 x 24VDC [6ES7 321-1BH02-0AA0], sedangkan ouput menggunakan DO16 x 24VDC / 0.5A [6ES7 322-1BH01-0AA0]. Remote I/O akan membutuhkan suplai daya dari Power Supply yang telah direncanakan sebelumnya yaitu PS 307 5A [6ES7 307-1EA00-0AA0]. Interface

module merupakan sebuah modul tatap muka antar CPU dan Remote I/O sehingga keduanya dapat terhubung. Main CPU dan Remote I/O berkomunikasi dengan menggunakan profibus cable network dengan kecepatan transfer data 12Mbit/s. Konfigurasi ini dirancang langsung pada software TIA Portal atau Simatic Manager. Konfigurasi ini perlu dilakukan sebelum proses programming. PLC Siemens S7 300 ditampilkan pada Gambar 4.4, dan Gambar 4.5.



Gambar 4.4. PLC Siemens S7 300

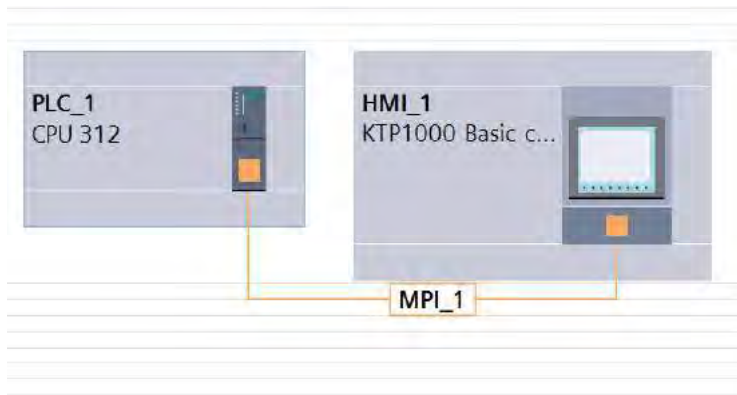


Gambar 4.5. Konfigurasi PLC

4.3.2. Spesifikasi HMI

Human Machine Interface atau biasa disebut HMI akan digunakan pada sistem transfer bahan bakar otomatis. HMI berfungsi sebagai media monitoring selama proses transfer dan separasi bahan bakar HFO. Selama pengerjaan skripsi ini, HMI juga berfungsi sebagai media simulasi pemrograman sistem. HMI

akan merefleksikan program yang telah dibuat. Dengan HMI sebagai media simulasi, proses pemrograman akan dicek secara *realtime*, dalam artian benar atau tidaknya sistem akan dilihat dari HMI. HMI yang digunakan adalah KTP1000 Basic color DP. HMI ini berukuran 10 inci dengan tipe layar sentuh. Konfigurasi PLC dan HMI ditampilkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6. Konfigurasi PLC dan HMI

4.3.3. Perangkat Lunak

Perangkat Lunak atau *Software* yang digunakan selama proses pengerjaan sistem adalah Siemens Totally Integrated Automation Portal (Siemens TIA Portal) V12. Perangkat lunak ini digunakan untuk kebutuhan perancangan sistem otomatisasi. Program ini dipilih dikarenakan berbagai pertimbangan. Pertimbangan pertama, perangkat lunak ini memungkinkan pengguna untuk mendesain PLC dan HMI dalam satu program yang sama (sebelumnya menggunakan Siemens Step 7 dan Simatic HMI Manager), Pertimbangan kedua, perangkat lunak ini dapat di-*install* pada komputer/laptop yang memiliki *operating system* Windows 7 keatas (sebelumnya hanya bisa difungsikan pada *operating system* windows XP).

4.4. Proses kerja dengan Siemens TIA Portal V12

Setelah dalam proses penentuan logika sistem serta menentukan PLC, HMI, dan perangkat lunak digunakan, tahap selanjutnya adalah melakukan pemrograman sesuai dengan urutan kerjanya. Dalam proses pengerjaan skripsi ini, software yang digunakan adalah *Siemens Totally Integrated Automations Portal v12* atau TIA Portal V12. Program ini akan dijalankan pada Laptop Merk Samsung R480 dengan Operating System Intel Core i5 dan memiliki *Random Access Memory* (RAM) sebesar 4GB.

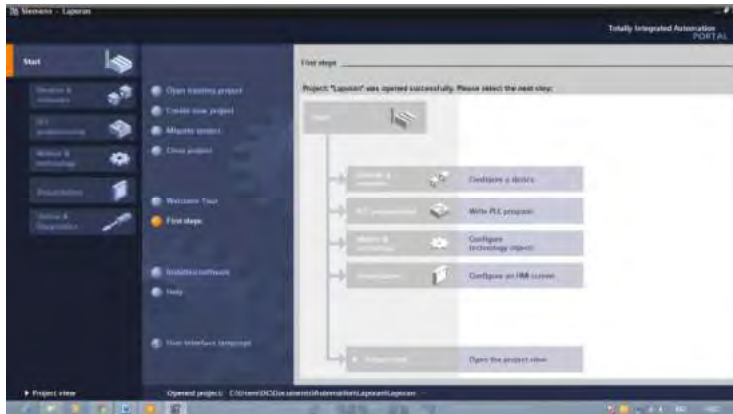
Pemrograman pada Siemens TIA Portal V12 dapat menggunakan bahasa pemrograman *Ladder Diagram*, *Function Block Diagram*, dan *Statement List*. Meskipun demikian, pemrograman sistem transfer dan separasi bahan bakar akan menggunakan *Ladder Diagram* dan *Function Block Diagram*. Bahasa *Ladder Diagram* digunakan dikarenakan lebih mudah untuk diprogram, dan *Function Block Diagram* digunakan karena kemudahan pembacaan.

4.4.1. Penginstallan Software Siemens TIA Portal V12

Tahap pertama yang harus dilakukan adalah penginstallan perangkat lunak Siemens TIA Portal V12 pada PC atau laptop. Program yang harus diinstal adalah *Siemens TIA Portal v12*, dan *PLC Sim*.

4.4.2. Tampilan Awal Siemens TIA Portal V12

Project tree akan menampilkan semua perangkat pemrograman seperti PLC, HMI, dan konektivitas antar perangkat.



Gambar 4.8. Pembuatan project baru



Gambar 4.9. Tampilan project baru

4.4.4. Hardware Configuration : PLC Simatic 300

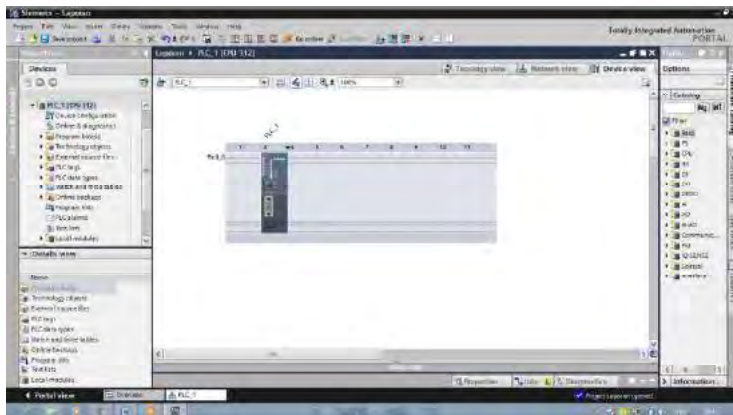
Hardware Configuration atau konfigurasi perangkat PLC merupakan tahap pemilihan perangkat PLC dan pengkonfigurasian. Tahapan ini dapat dimulai dengan memilih menu *Add new device* pada *Project Tree*. Setelah itu, akan muncul tampilan seperti Gambar 4.10. Pilih menu *Controller*, dan pilih jenis PLC yang ingin digunakan.



Gambar 4.10. Pemilihan hardware PLC

4.4.4.1. Rack

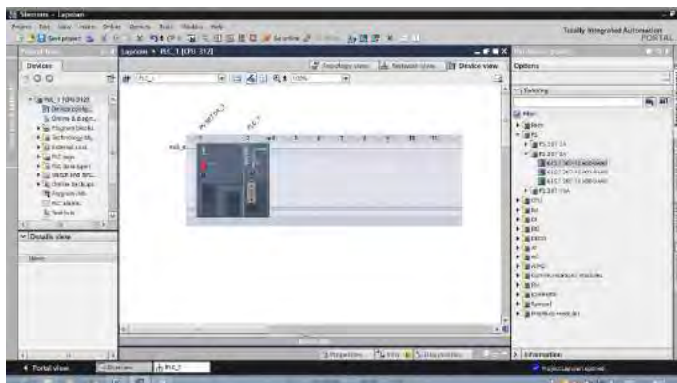
Setelah memilih *Controller*, tampilan yang akan muncul adalah tampilan *Rack*. Tampilan *Rack* merupakan konfigurasi susunan perangkat PLC (power supply, CPU, dan modul input/output). PLC yang sebelumnya dipilih memiliki maksimal 11 modul yang dapat disusun. Penyusunan pada *Rack* dapat dilakukan dengan memilih perangkat pada menu *Hardware catalog* yang tersedia di sebelah kanan halaman *Rack*. Tampilan *Rack* ditampilkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Proses konfigurasi hardware

4.4.4.2. Pemilihan Power Supply

Power supply atau catu daya PLC dipilih sesuai dengan PLC yang digunakan. Perangkat ini dapat dipilih pada *Hardware catalog* dengan menurunkan menu “PS” serta memilih perangkat yang sesuai. Power supply yang dipilih adalah “PS 307 5A / Order No. 6ES7 307-1EA00-0AA0”. Pemilihan Power supply ditampilkan pada Gambar 4.12.



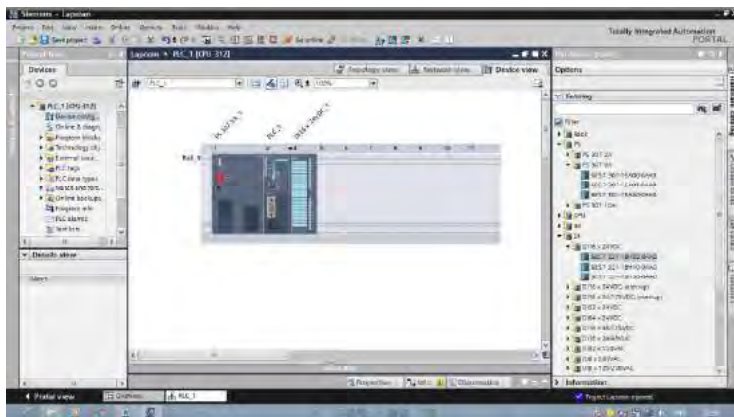
Gambar 4.12. Pemilihan power supply

4.4.4.3. Pemilihan CPU

CPU atau Central Processing Unit dipilih pertama kali saat pemilihan *Controller* pada awal pengkonfigurasian perangkat (*Hardware Configuration*). Sehingga pada proses penyusunan *Rack*, tidak perlu lagi untuk memilih CPU.

4.4.4.4. Pemilihan Input Module

Pemilihan *Input module* dilakukan sesuai dengan kebutuhan pemrograman serta jumlah inputan yang akan digunakan oleh sistem. Dalam proses otomatisasi sistem transfer dan separasi bahan bakar, jumlah inputan sebanyak 2 buah, sehingga pilih 2 buah *Input module: Digital Input*. Pemilihan *Input module* ditampilkan pada Gambar 4.13.

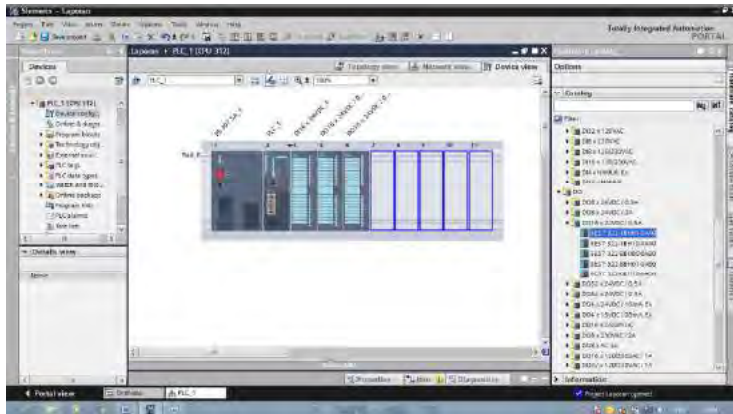


Gambar 4.13. Pemilihan input modul

4.4.4.5. Pemilihan Output Module

Sama halnya dengan pemilihan *Input module*, *Output module* dipilih sesuai dengan banyaknya perangkat yang akan dikendalikan oleh PLC. Pada otomatisasi sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO, perangkat yang akan dikontrol berjumlah 2 buah, sehingga dipilih *Output module: Digital*

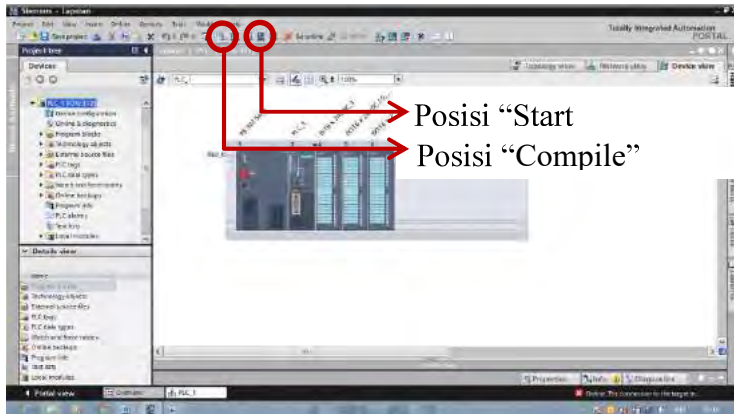
Output sebanyak 2 buah. Pemilihan *Output* module ditampilkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14. Pemilihan digital output

4.4.4.6. Pengaturan Koneksi antar Module

Setelah memilih perangkat PLC, tahap selanjutnya adalah menghubungkan perangkat tersebut menjadi satu kesatuan. Tahap pertama adalah memilih menu *Compile* pada *toolbar* dan *Start Simulation* seperti terlihat pada Gambar 4.15. Selanjutnya akan terbuka menu PLC Sim seperti terlihat pada Gambar 4.16. Tahap ketiga adalah memilih menu *Online & Diagnostics* pada *Project tree*, dan akan muncul tampilan pengaturan koneksi PLC seperti terlihat pada Gambar 4.17. Tahap keempat adalah pengaturan *Online Access* dengan memilih MPI pada “Type of PG/PC Interface”, dan PLC Sim pada “PC/PG Interface”. Tahap selanjutnya adalah memilih “Go online” seperti terlihat pada Gambar 4.18. PLC akan mencoba menghubungkan modul. Apabila berhasil, tampilan akan menjadi seperti Gambar 4.19.

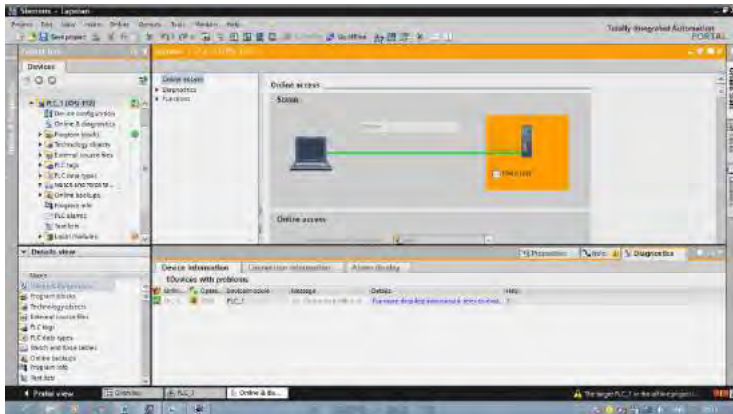


Gambar 4.15. Pemilihan Compile dan Start Simulation



[illegible]

Gambar 4.18. Tampilan saat proses Online



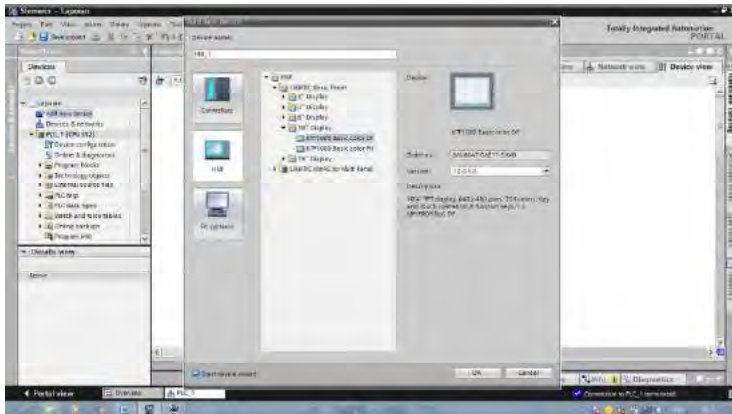
Gambar 4.19. Tampilan saat Online telah berhasil

4.4.5. *Hardware Configuration : Human Machine Interface*

Hardware Configuration atau konfigurasi perangkat HMI merupakan tahap pemilihan perangkat HMI dan pengkonfigurasinya. Sama halnya dengan PLC, tahapan ini dapat dimulai dengan memilih menu *Add new device* pada *Project Tree*.

4.4.5.1. Pemilihan HMI Module

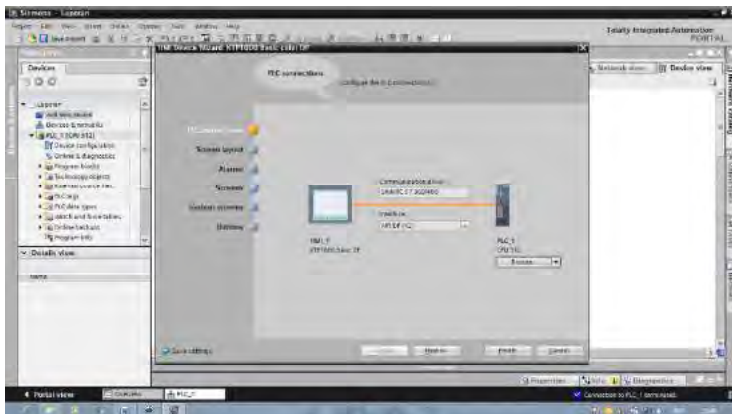
Pilih menu HMI, dan pilih jenis PLC yang ingin digunakan. Pada pengerjaan sistem otomatisasi bahan bakar, akan digunakan HMI KTP1000 Basic Color DP / Order No. 6AV6647-0AE11-3AX0. Setelah itu, akan muncul tampilan seperti Gambar 4.20.



Gambar 4.20. Pemilihan Human Machine Interface

4.4.5.2. Pengaturan Koneksi HMI

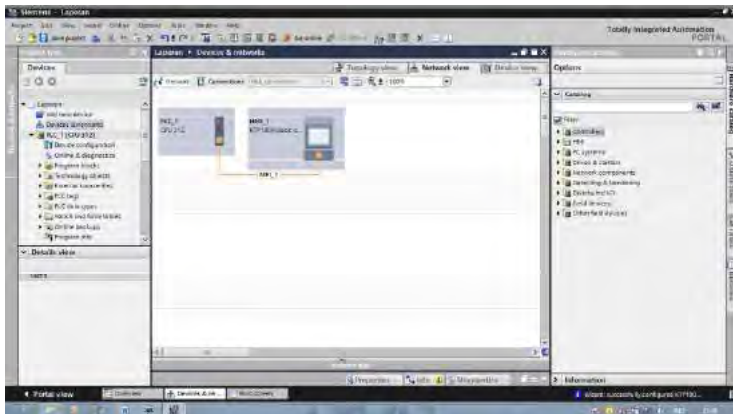
Tampilan konfigurasi konektivitas HMI akan muncul setelah HMI dipilih. Menu tersebut akan seperti Gambar 4.21. Pilih menu Browse, dan pilih PLC yang digunakan. Pilih Finish dan HMI secara otomatis akan terhubung.



Gambar 4.21. Konfigurasi HMI

4.4.6. Pengaturan Konektifitas antar Hardware : PLC dan HMI

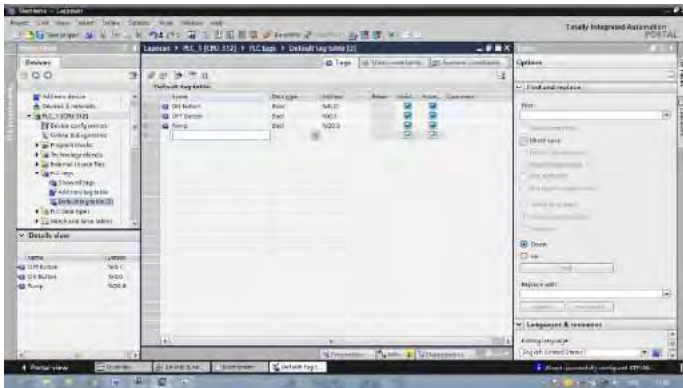
Konektivitas antara PLC dan HMI dapat dilihat dengan memilih menu Device & Network pada Project tree. Tampilan tersebut akan seperti Gambar 4.22.



Gambar 4.22. Konektifitas HMI dan PLC

4.4.7. Proses Pengalamatan (Addressing / PLC Tags)

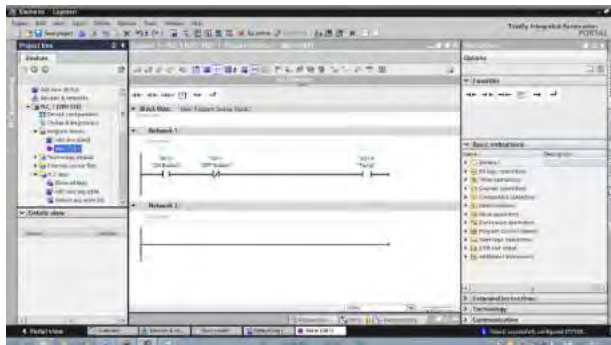
Proses Pengalamatan atau *Addressing* merupakan tahapan pendaftaran perangkat yang akan dikontrol dan perangkat pengontrol sistem. Secara sederhana, proses pengalamatan berfungsi untuk merekam semua input dan output dari sistem. Input diberi lambang “I” seperti i0.0, output diberi lambang “Q”, dan bendera/flag diberi lambang “M”. Input dan output yang telah direkam akan memudahkan proses pemrograman nantinya. Meskipun demikian, proses pengalamatan juga dapat dilakukan selama proses pemrograman. Tampilan pengalamatan dapat dibuka dengan memilih PLC Tags pada Project tree. Gambar 4.23 merupakan tampilan PLC Tags.



Gambar 4.23. Tampilan PLC Tag

4.4.8. Proses Pemrograman pada PLC

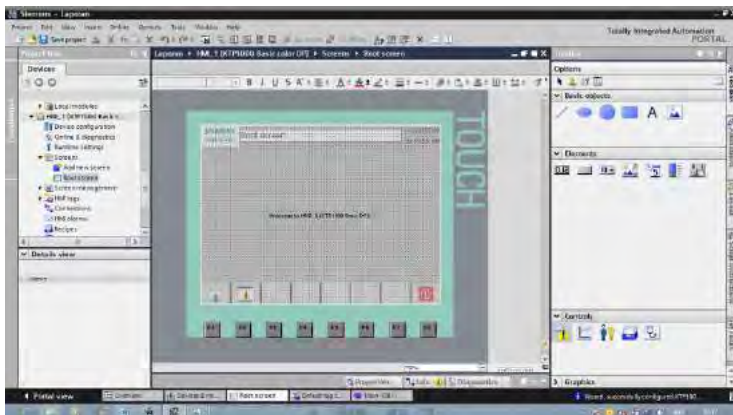
Proses pemrograman PLC dilakukan dengan membuka halaman pemrograman PLC. Menu ini terletak pada *Project tree*, kemudian pilih *Program blocks*, dan pilih *Main [OB1]*. Tampilan dari halaman pemrograman ditampilkan pada Gambar 4.24. Pemrograman dapat dilakukan dengan memilih fungsi yang terletak pada menu *Instructions* sebelah kanan layar.



Gambar 4.24. Pemrograman ladder diagram pada PLC

4.4.9. Proses Pemrograman pada HMI

Proses pemrograman PLC dilakukan dengan membuka halaman pemrograman HMI. Menu ini terletak pada Project tree, pilih HMI, kemudian *pilih Screens*. Tampilan dari halaman pemrograman ditampilkan pada Gambar 4.25. Pemrograman dapat dilakukan dengan memilih fungsi yang terletak pada menu *Toolbox* sebelah kanan layar.

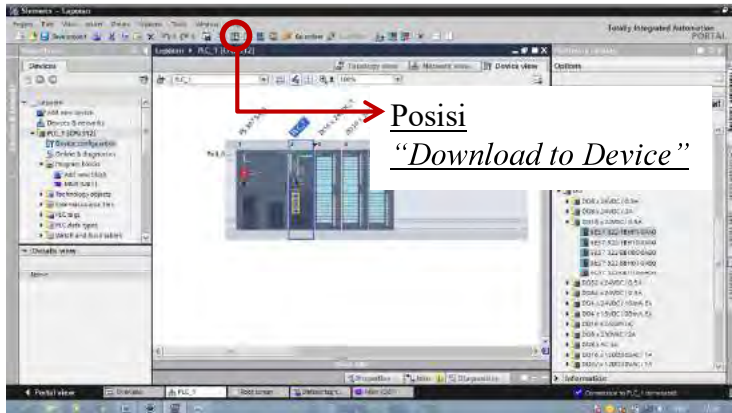


Gambar 4.25. Proses desain HMI

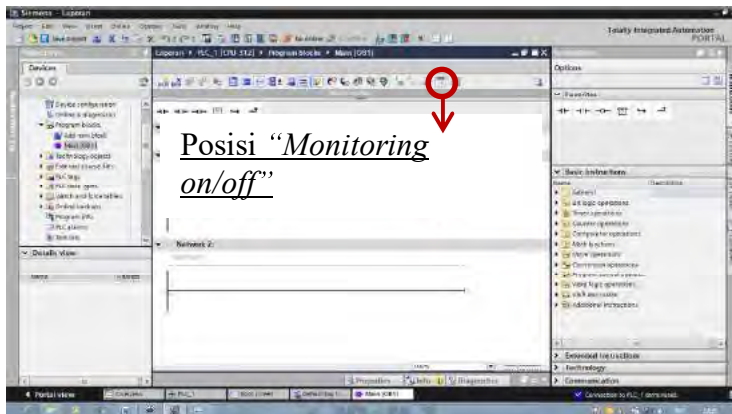
4.4.10. Proses Simulasi Program dengan PLCSIM

Setelah pemrograman pada Program blocks selesai, atau sedang tahap pemrograman, PLC Sim dapat menjalankan program untuk memonitoring apakah pemrograman berhasil atau tidak. Caranya adalah dengan memilih menu PLC_1 [CPU 312], kemudian Device configuration. Pilih Download to device, dan start simulation pada toolbar bagian atas. Memilih menu Start simulation akan membuka kembali menu PLC Sim seperti yang dijelaskan pada bagian 4.4.4.6. Kembali ke menu Main [OB1], dan pilih Monitoring on/off. Setelah menu Monitoring on/off dipilih, Program PLC dan PLC Sim (kondisi Run) akan

terhubung, dan pengecekan fungsi dapat dilakukan dengan menekan (checklist fungsi) input, dan memperhatikan reaksi dari fungsi output. Posisi menu Download to Device ditampilkan pada Gambar 4.26, dan menu Monitoring on/off ditampilkan pada Gambar 4.27.



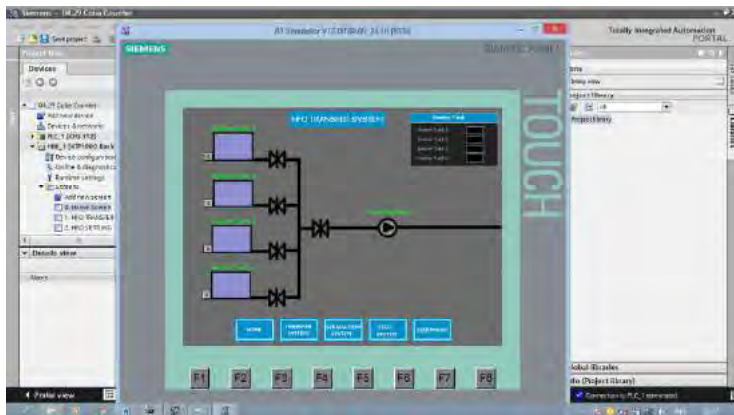
Gambar 4.26. Posisi Download to Device



Gambar 4.27. Pemilihan Monitoring on/off

4.4.11. Proses Simulasi Program dengan HMI

Simulasi program dengan HMI merupakan kelanjutan dari pembahasan simulasi PLC dengan PLC Sim. HMI yang telah diprogram, dapat dilihat hasilnya dengan memilih menu HMI pada Project tree dan memilih Screens. Pada Screens, klik kanan dan pilih Start simulation atau Ctrl + Shift + X. Kemudian HMI akan dijalankan sesuai dengan program yang telah dibuat. Perlu diingat bahwa simulasi HMI hanya dapat berjalan baik apabila simulasi PLC Sim telah dilakukan. Tampilan simulasi program dengan HMI ditampilkan pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28. Tampilan running HMI

4.5. Konversi Logika Kerja menjadi *Ladder Diagram*

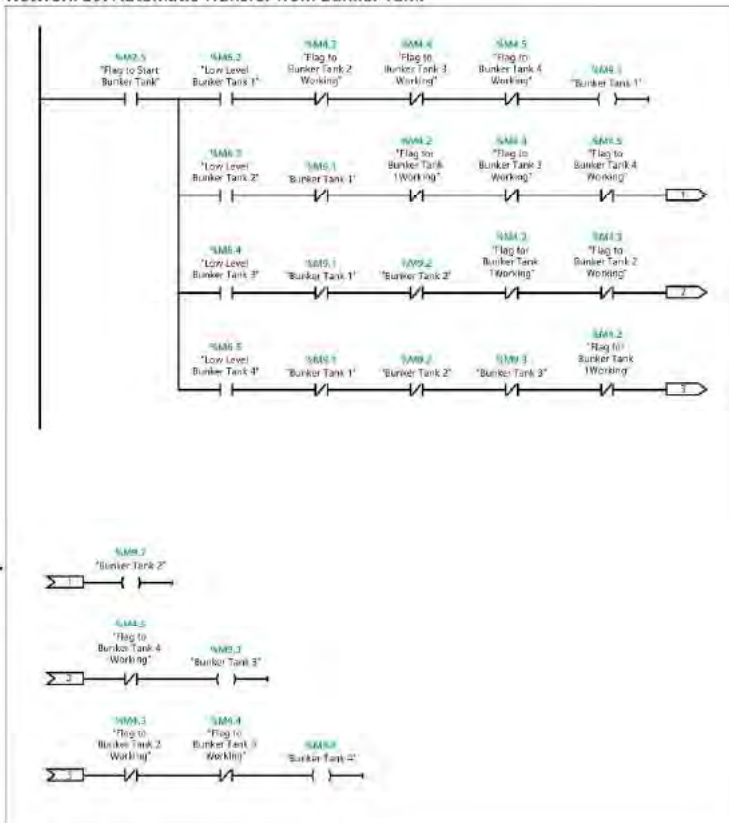
Konversi logika kerja menjadi Ladder Diagram merupakan proses pembuatan program yang didasari dengan kinerja sistem. Kinerja sistem yang telah dibahas pada bagian 4.2, kemudian akan dibuat fungsi input-output yang mewakili sistem tersebut. Pembuatan program otomatisasi sistem dibuat pada halaman kerja *Program Block, Main [OB1]*. Selama proses pemrograman berlangsung, program akan disimulasikan dengan

PLC SIM untuk memastikan semua fungsi bekerja sesuai dengan rencana. Semua fungsi-fungsi secara utuh akan dimuat pada lampiran.

4.5.1. *Ladder Diagram untuk Transfer System*

Fungsi *Ladder Diagram Transfer System* merupakan fungsi yang memungkinkan sistem transfer bahan bakar dari *Bunker Tank* menuju *Settling Tank* dapat dijalankan secara sekuensial. Peratalan yang dikontrol adalah katup pada *Bunker Tank*, katup pada *Settling Tank*, katup pada pompa transfer, dan pompa transfer. Kondisi yang menjadi dasar operasi perangkat tersebut adalah kebutuhan dari *Settling Tank*, dan ketersediaan dari *Bunker Tank*. Oleh sebab itu, diperlukan input berupa *low level sensor* pada tiap-tiap *Bunker Tank*, *low level* dan *high level sensor* pada tiap-tiap *Settling Tank*. Ladder diagram untuk *Transfer System* akan ditampilkan pada Gambar 4.29.

Network 29: Automatic Transfer from Bunker Tank



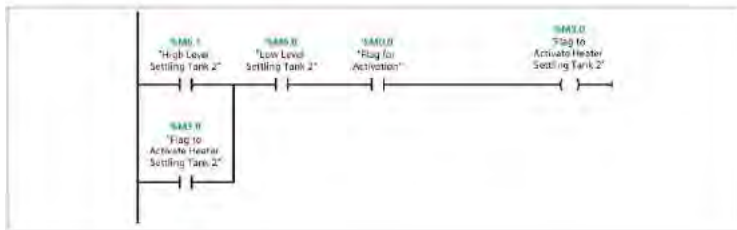
Gambar 4.29. Salah satu network sistem transfer

4.5.2. Ladder Diagram untuk Separation System

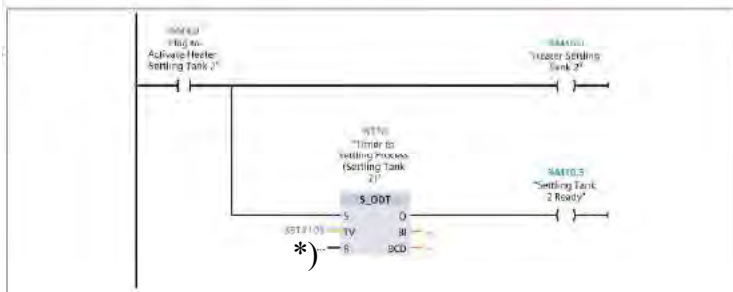
Fungsi *Ladder Diagram Separation System* merupakan fungsi yang memungkinkan sistem separasi bahan bakar dari *Settling Tank* menuju *Service Tank* dapat dijalankan secara sekuensial. Peralatan yang dikontrol adalah katup pada *Settling Tank*, katup pada *service tank*, katup *sludge* pada *Settling Tank*, katup pada pompa separator, pompa separator, pemanas separator

dan separator. Kondisi yang menjadi dasar operasi perangkat tersebut adalah kebutuhan dari *Service Tank*, dan ketersediaan dari *Settling Tank*. Oleh sebab itu, diperlukan input berupa *low level* dan *high sensor* pada tiap-tiap *Settling Tank*, *low level* dan *high level sensor* pada tiap-tiap *Service Tank*. *Ladder diagram* untuk *Separation System* akan ditampilkan pada Gambar 4.30.

Network 39: Equipment : Heater Settling Tank 2



Network 40: Equipment : Heater Settling Tank 2

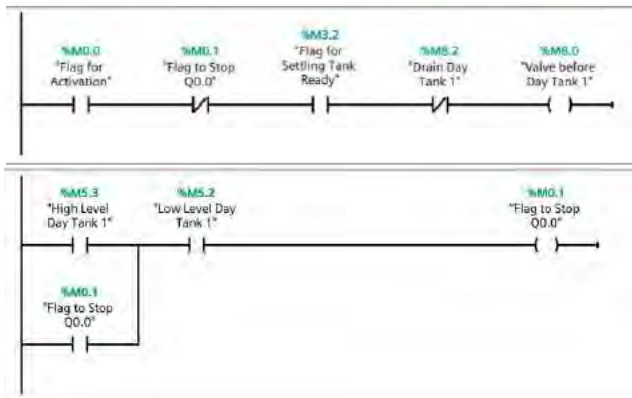


Gambar 4.30. Salah satu network proses separasi bahan bakar (pengendapan) pada *Settling Tank 2*

*) ST#10S menandakan waktu 10 detik proses simulasi pengendapan hanya dilakukan 10 detik, untuk proses sebenarnya akan dimasukkan input 24 jam, sesuai dengan rekomendasi pabrikan mesin.

4.5.3. Ladder Diagram untuk Feed System

Sama halnya dengan *Transfer System* dan *Separation System*, fungsi *Ladder Diagram Feed System* juga memungkinkan sistem aliran bahan bakar *Service Tank* menuju mesin dapat dijalankan secara sekuensial. Peralatan yang dikontrol adalah katup tangki, katup sludge, dan katup *feed*. Kondisi yang menjadi dasar operasi perangkat tersebut adalah kebutuhan dari mesin, dan ketersediaan dari *servcie tank*. Oleh sebab itu, diperlukan input berupa *low level* dan *high sensor* pada tiap-tiap *Service Tank*, dan kebutuhan bahan bakar pada mesin. *Ladder diagram* untuk *Feed System* akan ditampilkan pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31. Ladder diagram pengisian Day / Service Tank

4.5.4. Daftar Input Output setelah Pemrograman Ladder Diagram

Input dan output merupakan rincian peralatan apa saja yang akan dikontrol oleh PLC pada aplikasi otomatisasi sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO di kapal. Tujuannya untuk mempermudah dalam pengecekan trouble shooting. Tabel input dan output yang akan diprogram dalam *Ladder diagram* PLC ditampilkan pada Tabel 4.5, dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5. Daftar Input Sistem

No	Addresses	Name of Equipment
1	I0.0	On Button
2	I0.1	Stop Button
3	I0.2	<i>Low level sensor</i> Day Tank 1
4	I0.3	<i>High level sensor</i> Day Tank 1
5	I0.4	Low Level Sensor Day Tank 2
6	I0.5	<i>High level sensor</i> Day Tank 2
7	I0.6	<i>Low level sensor</i> Settling tank 1
8	I0.7	<i>High level sensor</i> Settling tank 1
9	I1.0	<i>Low level sensor</i> Settling tank 2
10	I1.1	<i>High level sensor</i> Settling tank 2
11	I1.2	<i>Low level sensor</i> Bunker Tank 1
12	I1.3	<i>Low level sensor</i> Bunker Tank 2
13	I1.4	<i>Low level sensor</i> Bunker Tank 3
14	I1.5	<i>Low level sensor</i> Bunker Tank 4
15	I1.6	Main Generator Phase Failure
16	I1.7	Emergency Generator Phase Failure
17	I2.0	Transfer Pump 1 Work Failure
18	I2.1	Transfer Pump 2 Work Failure
19	I2.2	Separator Pump 1 Work Failure
20	I2.3	Separator Pump 2 Work Failure
21	I2.4	Separator Motor 1 Work Failure
22	I2.5	Separator Motor 2 Work Failure
23	I2.6	Feed Pump 1 Work Failure
24	I2.7	Feed Pump 2 Work Failure
25	I3.0	Booster Pump 1 Work Failure
26	I3.1	Booster Pump 2 Work Failure
27	I3.2	Circulating Pump 1 Work Failure
28	I3.3	Circulating Pump 2 Work Failure
29	I3.4	Low Level Sensor Bunker Tank 1

Tabel 4.6. Daftar Output Sistem

No.	Addresses	Name of Equipment
1	Q0.0	Control Valve After Bunker Tank 1
2	Q0.1	Control Valve After Bunker Tank 2
3	Q0.2	Control Valve After Bunker Tank 3
4	Q0.3	Control Valve After Bunker Tank 4
5	Q0.4	Control Valve Before Transfer Pump 1
6	Q0.5	Control Valve Before Transfer Pump 1
7	Q0.6	Control Valve Before <i>Settling tank</i> 1
8	Q0.7	Control Valve After <i>Settling tank</i> 1
9	Q1.0	Control Valve Before <i>Settling tank</i> 2
10	Q1.1	Control Valve After <i>Settling tank</i> 2
11	Q1.2	Control Valve Before Separator Pump 1
12	Q1.3	Control Valve Before Separator Pump 2
13	Q1.4	Control Valve Before Separator Unit 1
14	Q1.5	Control Valve Before Separator Unit 2
15	Q1.6	Control Valve Before Day Tank 1
16	Q1.7	Control Valve After Day Tank 1
17	Q2.0	Control Valve Before Day Tank 2
18	Q2.1	Control Valve After Day Tank 2
19	Q2.2	Control Valve Feed Pump 1
20	Q2.3	Control Valve Before Feed Pump 2
21	Q2.4	Control Valve Before Booster Pump 1
22	Q2.5	Control Valve Before Booster Pump 2
23	Q2.6	Control Valve Before Circulating Pump 1
24	Q2.7	Control Valve Before Circulating Pump 2
25	Q3.0	Control Valve Drain Day Tank 1
26	Q3.1	Control Valve Drain Day Tank 2
27	Q3.2	Control Valve Drain <i>Settling tank</i> 1
28	Q3.3	Control Valve Drain <i>Settling tank</i> 2
29	Q3.4	Transfer Pump 1 Actuator
30	Q3.5	Transfer Pump 2 Actuator
31	Q3.6	Separator Pump 1 Actuator

32	Q3.7	Separator Pump 2 Actuator
33	Q4.0	Separator Unit 1 Actuator
34	Q4.1	Separator Unit 2 Actuator
35	Q4.2	Feed Pump 1 Actuator
36	Q4.3	Feed Pump 2 Actuator
37	Q4.4	Booster Pump 1 Actuator
38	Q4.5	Booster Pump 2 Actuator
39	Q4.6	Circulating Pump 2 Actuator
40	Q4.7	Circulating Pump 1 Actuator
41	Q5.0	Heater Bunker Tank 1
42	Q5.1	Heater Bunker Tank 2
43	Q5.2	Heater Bunker Tank 3
44	Q5.3	Heater Bunker Tank 4
45	Q5.4	Heater Settling Tank 1
46	Q5.5	Heater Settling Tank 2
47	Q5.6	Heater Day Tank 1
48	Q5.7	Heater Day Tank 2

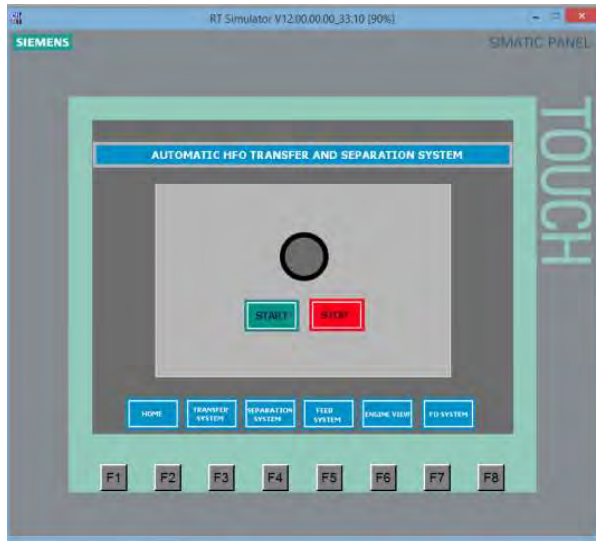
4.6. *Layout Human Machine Interface*

HMI Layout merupakan layout panel touchscreen yang memungkinkan pengguna untuk mengendalikan sistem pengolahan bahan bakar HFO dan memonitoringnya. Susunan layout atau perencanaan desain tampilan direncanakan sesuai dengan jalannya sistem dan pertimbangan kemudahan akses bagi penggunaanya.

4.6.1. *Layout Home*

Layout Home merupakan tampilan awal dari desain HMI. Layout ini akan muncul pada saat awal operasi. Pada Layout Home, pengguna akan melihat tombol START dan STOP. Kedua tombol ini akan mengoperasikan sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO di kapal secara otomatis. Selain kedua tombol tersebut, pengguna dapat melihat kondisi pada sistem transfer,

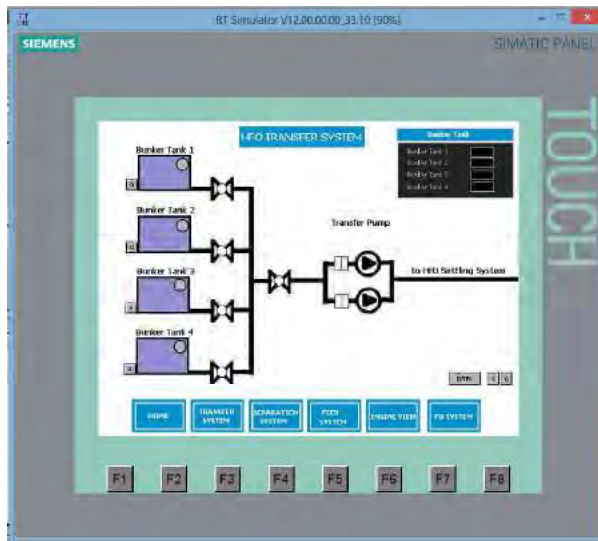
sistem separasi, dan sistem service dengan menekan tombol antar layout yang tersedia di bagian bawah layout. Tampilan Layout *Home* ditampilkan pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32. Tampilan *Home*

4.6.2. Layout HFO Transfer System

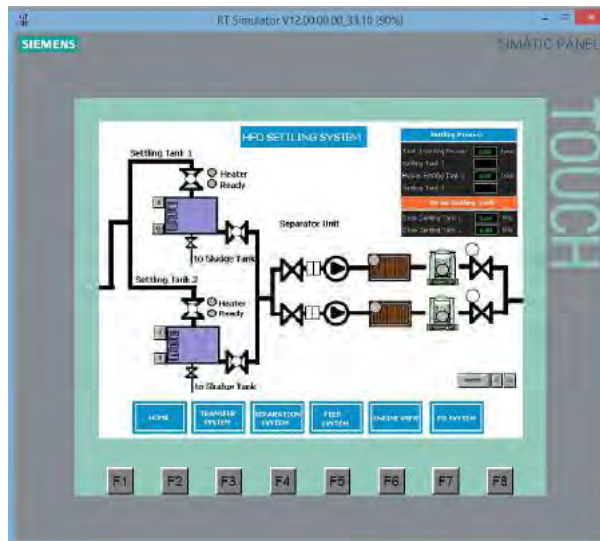
Layout *HFO Transfer System* merupakan tampilan proses transfer bahan bakar HFO dari *Bunker Tank* menuju *Settling Tank*. Pada Layout *HFO Transfer System*, pengguna akan melihat empat buah *Bunker Tank*, pompa, dan katup. Semua perangkat ini diintegrasikan satu sama lain sehingga menampilkan proses transfer yang sedang berjalan. Saat sistem diaktifkan, layout ini menunjukkan tangki, dan katup mana yang akan mengalirkan bahan bakar sesuai dengan urutan kerjanya. Tampilan ini juga menginformasikan ketersediaan bahan bakar HFO pada *Bunker Tank*. Tampilan Layout *HFO Transfer System* ditampilkan pada Gambar 4.33.



Gambar 4.33. Tampilan Layout HFO *Transfer System*

4.6.3. Layout HFO Separation System

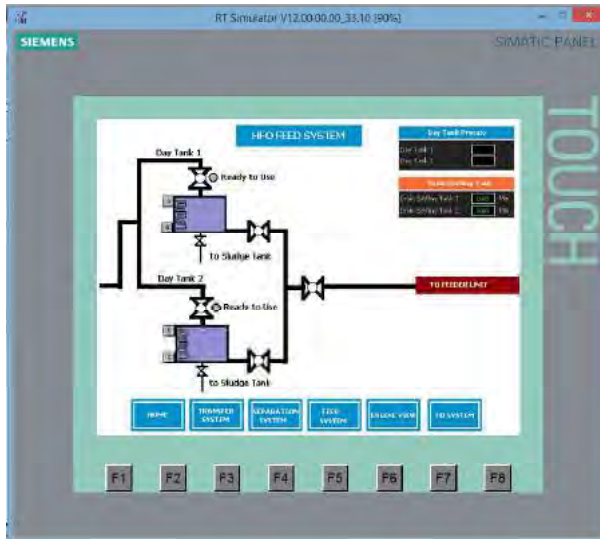
Layout *HFO Separation System* merupakan tampilan proses separasi bahan bakar HFO dari *Settling Tank* menuju *Service Tank*. Pada Layout *HFO Transfer System*, pengguna akan melihat dua buah *Settling Tank*, pompa, pemanas separator, separator, dan katup-katupnya. Semua perangkat ini bekerja sesuai dengan logika kerjanya untuk memenuhi kebutuhan *Service Tank* dengan berbagai treatment bahan bakar. Saat sistem diaktifkan, layout ini menunjukkan tangki, dan katup mana yang akan mengalirkan bahan bakar sesuai dengan urutan kerjanya. Tampilan ini *juga* menginformasikan ketersediaan bahan bakar HFO pada *Settling Tank*, waktu yang selama pengendapan, proses pengisian *Settling Tank* dan proses sludging. Tampilan Layout *HFO Separation System* ditampilkan pada Gambar 4.34.



Gambar 4.34. Tampilan Layout HFO *Separation System*

4.6.4. Layout HFO *Feed System*

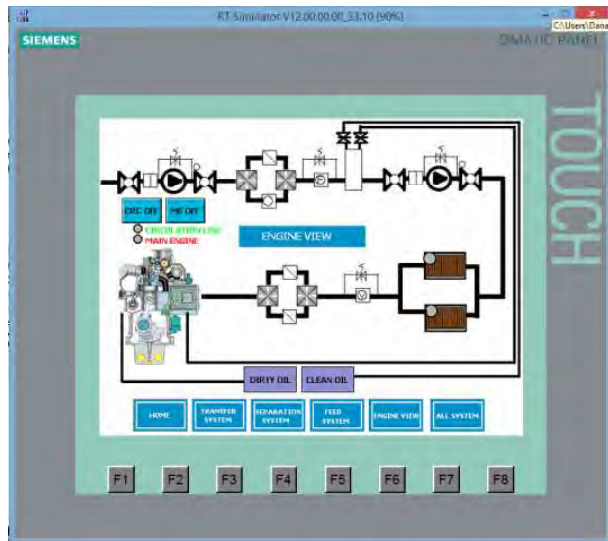
Layout *HFO Feed System* merupakan tampilan proses penggunaan *Service Tank* menuju mesin. Pada Layout *HFO Feed System*, pengguna akan melihat dua buah *Service Tank*, pompa, dan katup-katupnya. Semua perangkat ini bekerja sesuai dengan logika kerjanya untuk memenuhi kebutuhan mesin. Saat sistem diaktifkan, layout ini menunjukkan tangki, dan katup mana yang akan mengalirkan bahan bakar sesuai dengan urutan kerjanya. Tampilan ini juga menginformasikan ketersediaan bahan bakar HFO pada *Service Tank*, proses pengisian *Service Tank*, dan proses *sludging*. Tampilan Layout *HFO Feed System* ditampilkan pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35. Tampilan Layout HFO *Feed System*

4.6.5. Layout HFO *Circulation System*

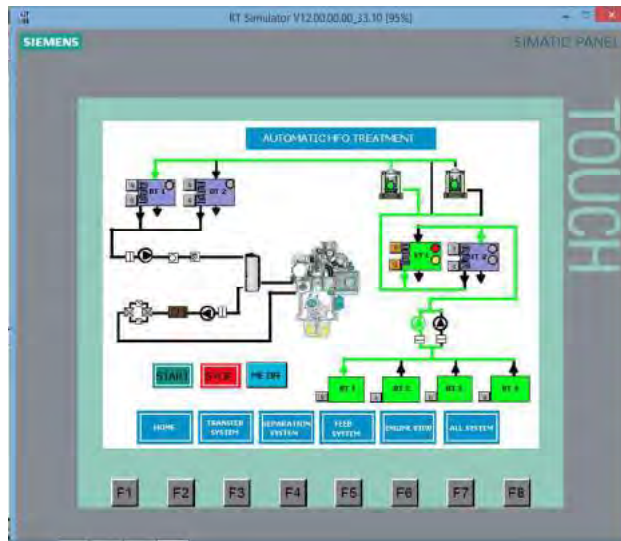
Layout HFO *Circulation System* merupakan tampilan proses sirkulasi bahan bakar setelah persediaan di day tank tersedia dan sebelum mesin dinyalakan. Proses sirkulasi dapat diaktifkan dengan menekan layar HMI. Apabila proses sirkulasi aktif, bahan bakar akan dipompa dari day tank dan disirkulasi menuju mesin. Proses sirkulasi dilakukan untuk memastikan bahan bakar tersedia untuk digunakan oleh mesin. Dengan kata lain, mesin akan hidup apabila proses sirkulasi telah aktif, dan proses sirkulasi dinonaktifkan apabila mesin telah dinonaktifkan terlebih dahulu. Hal ini berfungsi untuk menjaga mesin untuk kehabisan sirkulasi bahan bakar. Tampilan layout HFO *Circulation System* ditampilkan pada Gambar 4.36.



Gambar 4.36. Tampilan Layout HFO *Circulation System*

4.6.6. Layout Keseluruhan Sistem

Layout keseluruhan sistem merupakan layout yang menampilkan sistem pengolahan HFO mulai dari *Bunker Tank*, *Settling Tank*, day tank, dan sistem sirkulasi dalam satu layer. Hal ini akan memudahkan proses monitoring kinerja dari pengolahan HFO. Pengontrolan peralatan juga dapat dilakukan pada layer ini. Tampilan keseluruhan sistem ditampilkan pada Gambar 4.37.



Gambar 4.37. Tampilan Layout Keseluruhan Sistem

4.7. Pengoperasian Hasil Programming pada Pengolahan Bahan Bakar

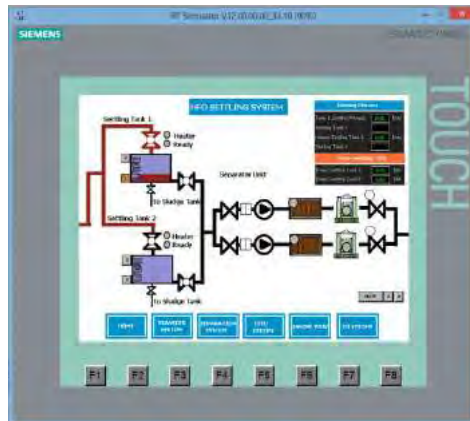
Setelah pemrograman PLC dan HMI Layout dari sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO di kapal selesai dikerjakan, tahapan selanjutnya adalah ujicoba simulasi. Program akan disimulasikan dengan menggunakan PLC Sim, dan *Human Machine Interface*.

4.7.1. Simulasi HFO Transfer System

Simulasi *Transfer System* merupakan simulasi untuk melihat kinerja dari proses transfer bahan bakar dari *Bunker Tank* menuju *Settling Tank*. Pada simulasi ini, diberikan beberapa kondisi yang menjadi dasar pemrograman dan output yang dihasilkan selama proses ini berlangsung.

4.7.1.1. Kondisi seluruh *Settling Tank* kosong

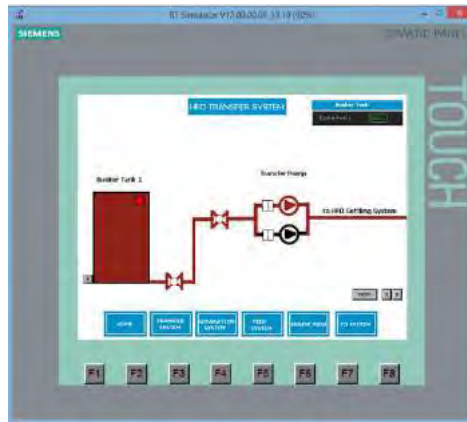
Pada kondisi *Settling Tank kosong*, pengisian dilakukan pada *Settling Tank* nomor satu (1) terlebih dahulu. Setelah *Settling Tank* satu (1) penuh, dilanjutkan dengan *Settling Tank* dua (2), seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.38.



Gambar 4.38. Pengisian *Settling Tank* 1 terlebih dahulu

4.7.1.2. Kondisi semua *Bunker Tank* terisi minyak

Bunker Tank pada kapal dibuat satu dan terintegrasi antara satu gading dengan gading lain dikapal. Hal ini berfungsi untuk menjaga kestabilan kapal pada saat proses transfer bahan bakar. Konsep ini lebih baik dibandingkan apabila *Bunker Tank* dibuat kedap. *Transfer System* dari *Bunker Tank* terlihat pada Gambar 4.39.



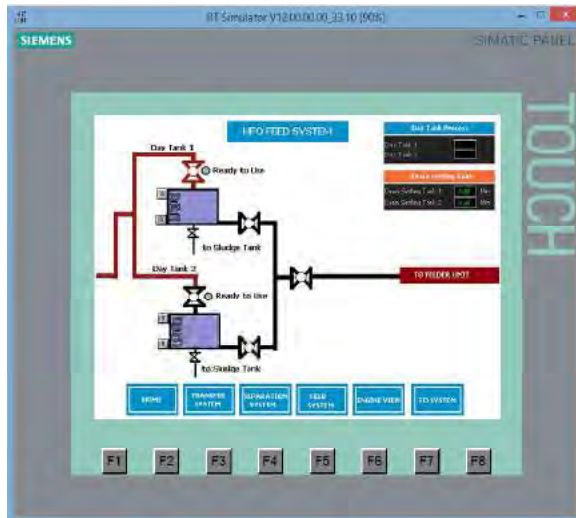
Gambar 4.39. Proses HFO *Transfer System*.

4.7.2. Simulasi HFO *Separation System*

Simulasi *Separation System* merupakan simulasi untuk melihat kinerja dari proses separasi bahan bakar dari *Settling Tank* menuju *Service Tank / day tank*. Pada simulasi ini, diberikan beberapa kondisi yang menjadi dasar pemrograman dan output yang dihasilkan selama proses ini berlangsung.

4.7.2.1. Kondisi seluruh *Service Tank* kosong

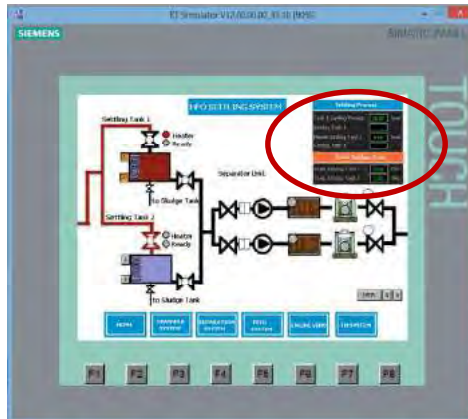
Pada kondisi *Settling Tank* kosong, pengisian dilakukan pada *Settling Tank* nomor satu (1) terlebih dahulu. Setelah *Settling Tank* satu (1) penuh, dilanjutkan dengan *Service Tank* dua (2), seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.40.



Gambar 4.40. Pengisian *Service Tank* 1 terlebih dahulu

4.7.2.2. Proses pengendapan dan pemanasan

Setelah *Settling Tank* penuh, proses pengendapan dan pemanasan akan dimulai. *Settling Tank* akan didiamkan selama 24 jam ditandai dengan penanda yang tersedia di pojok kanan atas, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.41.



(a)



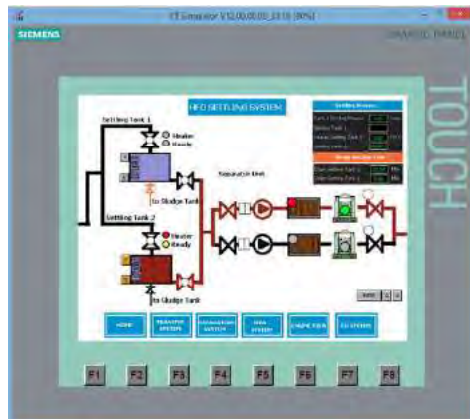
(b)

Gambar 4.41. Proses pengendapan pada *Settling Tank 1*
 (a) tampilan proses pengendapan; (b) kotak dialog pengendapan

*) Kondisi ditandai dengan belum adanya tanda “READY” pada kotak dialog *settling process*.

4.7.2.3. Kondisi seluruh *Settling Tank* terisi minyak

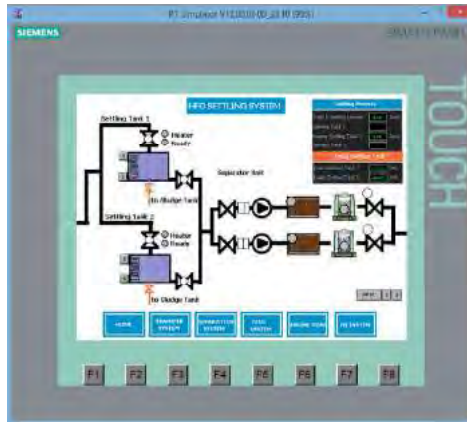
Saat awal proses pengisian *Service Tank* nomor satu (1) dijalankan, minyak akan ditransfer dari *Settling Tank* nomor satu (1). Apabila minyak pada *Settling Tank* nomor satu (1) habis, maka akan dilanjutkan *Settling Tank* dua (2), seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.42.



Gambar 4.42. Pengisian dari *Settling Tank* 2

4.7.2.4. Kondisi semua *Settling Tank* kosong

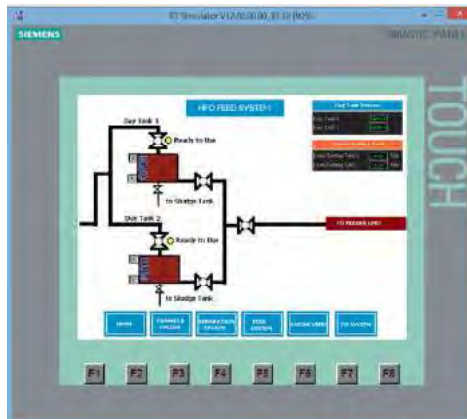
Sistem separasi akan dilakukan apabila ada permintaan dari *Service Tank*, dan minyak tersedia di *Settling Tank*. Apabila kondisi *Service Tank* kosong, dan *Settling Tank* juga kosong atau sedang dalam proses pengendapan, maka pengisian bahan bakar tidak akan dilakukan, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.43.



Gambar 4.43. Proses transfer ke *Service Tank* dihentikan karena *Settling Tank* kosong

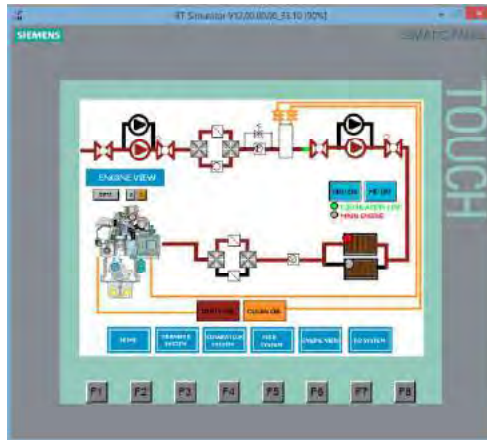
4.7.2.5. Kondisi seluruh *Service Tank* terisi minyak

Apabila kedua *Service Tank* penuh, yang ditandai dengan aktifnya *high level sensor*, maka proses separasi bahan bakar akan dihentikan, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.44.



Gambar 4.44. Kondisi saat *Service Tank* penuh

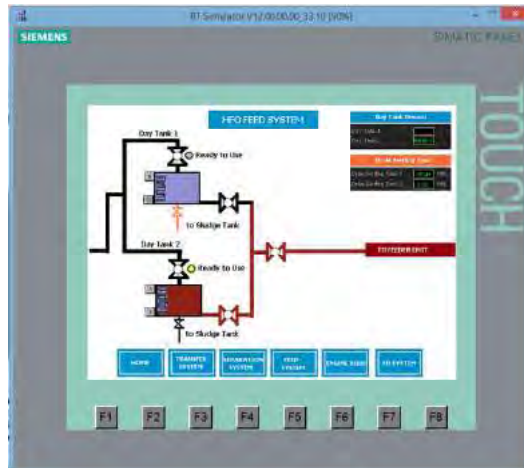
dihidupkan, bahan bakar akan disirkulasi melewati mesin. Hal ini ditandai dengan aktifnya *HFO Feed Pump*, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.46.



Gambar 4.46. Kondisi aliran bahan bakar ke mesin

4.7.3.2. Kondisi salah satu *Service Tank* kosong

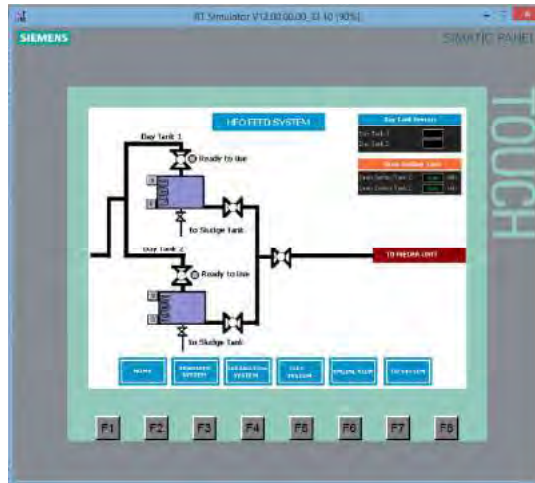
Apabila minyak pada *Service Tank* nomor satu (1) habis yang ditandai dengan tidak aktifnya *low level sensor*. Pada saat yang bersamaan, katup yang terletak setelah *Service Tank* nomor satu (1) akan ditutup, dan proses pengisian akan dialihkan ke *Service Tank* nomor dua (2), seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.47.



Gambar 4.47. Proses aliran bahan bakar dari *Service Tank 2*

4.7.3.3. Kondisi semua *Service Tank* kosong dan *sludgingnya*

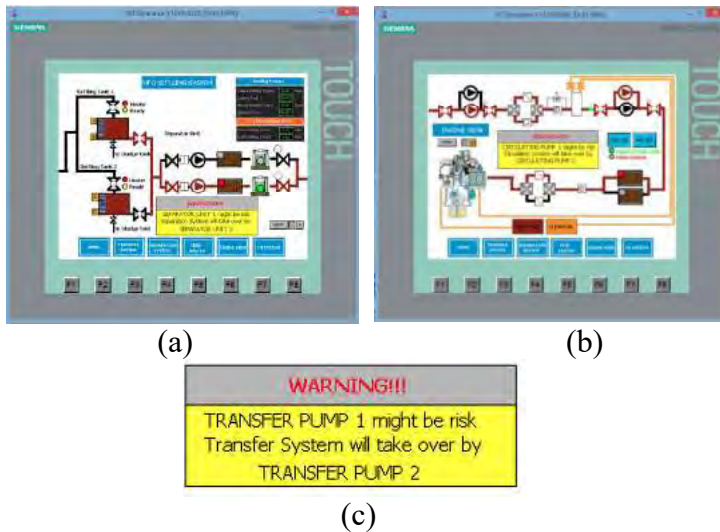
Sistem servis akan dilakukan apabila ada permintaan dari mesin, dan minyak tersedia di *Service Tank*. Apabila kondisi mesin memerlukan minyak, dan *Service Tank* juga kosong, maka transfer bahan bakar tidak akan dilakukan, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.48.



Gambar 4.48. Kondisi *Service Tank* kosong

4.7.4. Fitur *Early Warning System* (EWS)

Sistem pengolahan HFO otomatis ini juga dilengkapi fitur peringatan dini atau *Early Warning System* yang berfungsi sebagai alarm apabila terjadi error atau kerusakan pada sistem transfer dan separasi sistem HFO. Kerusakan yang terjadi akan diinformasikan melalui HMI sehingga kru dapat mengetahui kerusakan sistem secara *real-time*. Fitur ini memanfaatkan modul pembacaan Pressure Indicator pada sistem. Apabila tekanan pada sistem tidak sesuai dengan perencanaan, maka fitur ini akan aktif. Tampilan fitur *Early Warning System* ditampilkan pada Gambar 4.49.



Gambar 4.49. Fitur *Early Warning System*
 (a) EWS pada *Separation System* ; (b) EWS pada
Circulation System ; (c) Kotak dialog EWS pada *Transfer System*.

4.8. Wiring Diagram PLC dan Panel

Modernisasi PLC ini menggunakan 2 panel dimana 1 panel terletak pada engine control room dan 1 panel lagi terletak pada ruang navigasi. Layout panel PLC yang menjadi pusat dari proses pengendalian sistem transfer dan separasi bahan bakar dirancang sesuai dengan lampiran 2. *Wiring diagram* PLC dapat dilihat pada Lampiran 3 dan *wiring diagram* pada panel PLC yang menghimpun input output dapat dilihat pada Lampiran 4.

4.9. Maintenance & TroubleShooting PLC

PLC merupakan komponen penting dalam sistem otomatisasi sistem pengolahan HFO di kapal. Perangkat ini berfungsi untuk mengontrol kinerja dari semua sistem. Oleh karena itu, perawatan dan penanganan ketika *trouble* sangat diperlukan berikut adalah kemungkinan-kemungkinan *trouble* pada tiap-tiap komponen PLC. Sinyal *error* biasanya muncul pada indicator pada CPU atau modul AI, AO, DI dan DO tidak berfungsi dengan baik, jika terjadi seperti ini sebaiknya dilakukan *online troubleshooting*, yaitu pengecekan melalui *online* antar PC dan CPU PLC melalui *software simatic manager*.

4.9.1. Penyebab *error* dan *troubleshooting* pada *digital input*

Pendeteksian *error*, penyebab, dan tindakan yang harus untuk menanggulangi *error* pada digital input tertera pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Penyebab *error* dan penanggulangannya (Input)

Diagnostic message	Kemungkinan penyebab error	Perbaikan atau menghindari error
Suplai sensor hilang	Overload pada suplai sensor	Menghilangkan overload
	Short circuit ke M pada suplai sensor	Menghilangkan short circuit
Internal auxiliary voltage hilang	PS L+ ke modul hilang	Diberikan suplai L+
	Fuse blown di modul	Ganti modul
External auxiliary voltage hilang	PS L+ ke modul hilang	Diberikan suplai L+
EPROM	Gangguan elektromagnetik tinggi	Menghilangkan gangguan

	Modul kurang baik	Ganti modul
RAM fault	Gangguan elektromagnetik tinggi	Menghilangkan gangguan dan cycle PS pada CPU off/on
	Modul kurang baik	Ganti modul
Hardware interrupt lost	Interrupt modul tidak dapat keluaran, karena interrupt terakhir tidak diketahui, kemungkinan konfigurasi error	Ganti interrupt di proses CPU dan module membutuhkan program ulang. Error berlangsung sampai modul diberikan parameter baru
Module not programmed	Startup error	Modul diprogram ulang

4.9.2. Penyebab error dan *troubleshooting* pada *digital output*

Pendeteksian error, penyebab, dan tindakan yang harus untuk menanggulangi error pada digital output tertera pada Tabel 4.8

Tabel 4.8. Penyebab error dan penanggulangannya (Output)

Diagnostic message	Kondisi pendeteksi error	Kemungkinan penyebab error	Perbaikan atau menghindari error
Wirebrake	Hanya ketika output “1”	Kabel putus antara module dan aktuator	Sambungkan kabel
		Channel tidak connect	Menonaktifkan “wirebrake diagnostics” parameter untuk channel di

			Simatic Manager TIA Portal
Tegangan hilang	Hanya ketika output “1”	Keluaran tidak sempurna	Ganti module
Short circuit	Hanya ketika output “1”	Overload pada ouput	Menghilangkan overload
		Short circuit pada ouput ke M	Menghilangkan short circuit
Short circuit to L+	Generally	Short circuit di ouput ke L+ pada module power supply	Menghilangkan short circuit
External auxilary voltage hilang	Generally	Power supply L+ ke module hilang	Butuh supply L+
Internal auxilary voltage hilang	Generally	Power supply L+ ke module hilang	Butuh supply L+
		Fuse blown di module	Ganti module
EPROM fault	Generally	Gangguan elektromagnetic tinggi	Menghilangkan gangguan dan cycle PS pada CPU off/on
		Modul kurang baik	Ganti module
RAM fault	Generally	Gangguan elektromagnetic tinggi	Menghilangkan gangguan dan cycle PS pada CPU off/on
		Modul kurang baik	Ganti module

Tabel 4.9. Analisa Biaya Sistem Pengolahan HFO Otomatis

Controller and HMI						
No.	Code	Name of Equipment	Qty	Satuan	Harga (idr)	Harga (idr)
1	6ES7 307-1EA00-0AA0	SIMATIC S7-300 STABILIZED POWER SUPPLY PS307 INPUT: 120/230 V AC OUTPUT: DC 24 V DC/5 A	1	pcs	2,183,700.00	2,183,700.00
2	6ES7 312-1AE13-0AB0	SIMATIC S7-300, CPU 312 CPU WITH MPI INTERFACE, INTEGRATED 24 V DC POWER SUPPLY 32 KBYTE WORKING MEMORY, MICRO MEMORY CARD NECESSAR	2	pcs	5,075,220.00	10,150,440.00
3	6ES7 321-1BH02-0AA0	SIMATIC S7-300, DIGITAL INPUT SM 321, OPTICALLY ISOLATED, 16DI, 24 V DC, 1 X 20 PIN	2	pcs	2,439,720.00	4,879,440.00

4	6ES7 322-1BH01-0AA0	SIMATIC S7-300, DIGITAL OUTPUT SM 322, OPTICALLY ISOLATED, 16 DO, 24V DC, 0.5A, 1 X 20 PIN SUM OF OUTPUT CURRENTS 4A/GROUP (8A/MODULE)	3	pcs	3,373,440.00	10,120,320.00
5	6AV21240GC010AX0	SIMATIC HMI TP1200 COMFORT, COMFORT PANEL, TOUCH OPERATION, 12" WIDESCREEN- TFT-DISPLAY, 16 MIL. COLORS, PROFINET INTERFACE, MPI/PROFIBUS DP INTERFACE, 12 MB USER MEMORY, WINDOWS CE 6.0, CONFIGURABLE FROM WINCC COMFORT V11	1	pcs	34,457,280.00	34,457,280.00
6	6ES73901AE800AA0	SIMATIC S7-300, RAIL L=480M	1	pcs	456,318.00	456,318.00

7	6ES73921AM000AA0	SIMATIC S7-300,FRONT CONNECTOR WITH SCREW CONTACTS, 40-PIN	4	pcs	563,244.00	2,252,976.00
---	------------------	--	---	-----	------------	--------------

Panel						
No.	Code	Name of Equipment	Qty	Satuan	Harga (idr)	Harga (idr)
8	-	Panel PLC include Accessories (relay, MCB, Panel Box, Fan IP23, Cable duct, busbar .etc)	1	pcs	24,999,600.00	24,999,600.00

Digital Input						
No.	Code	Name of Equipment	Qty	Satuan	Harga (idr)	Harga (idr)
9	3RU11 16-0HB0	3RU11 thermal overload relays with screw-type terminals for mounting onto contactor 1), CLASS 10	1	pcs	840,348.00	840,348.00
10	(AUTOWER Model Number: AW-JY-01)	Pump Work Failure: Leak Detection Pump	12	pcs	1,764,429.60	21,173,155.20
11	3SE00 100-0WW	Position Switch : Rod Actuator (Low level and High Level Sensor)	12	pcs	1,093,356.00	13,120,272.00

Digital Output						
No.	Code	Name of Equipment	Qty	Satuan	Harga (idr)	Harga (idr)
12	APC 599-01050	Smart Positioner/ Siemens Valve Positioner SIPART PS2 ,pneumatic control valve with positioner,	28	pcs	6,656,520.00	186,382,560.00

Network Component						
No.	Code	Name of Equipment	Qty	Satuan	Harga (idr)	Harga (idr)
13	6XV18303GH10	SIMATIC NET, PROFIBUS FESTOON CABLE GP FOR FESTOONED CABLING, 2-WIRE,	10	m	179,191.00	1,791,910.00
14	6ES79720BA120XA0	SIMATIC DP,BUS CONNECTOR FOR PROFIBUS UP TO 12 MBIT/S 90 DEGREE ANGLE	10	pcs	874.789	8,747.89

Engineering Tools						
No.	Code	Name of Equipment	Qty	Satuan	Harga (idr)	Harga (idr)
15	APC 599-01050	SIMATIC STEP 7 PROF. V13 SP1 FLOATING LICENSE; ENGINEERING SOFTWARE IN TIA PORTAL; AND ADDITIONAL SOFTWARE	1	pcs	49,597,771.00	49,597,771.00

TOTAL	Harga (idr)	311,016,409.20
10% VAT	Harga (idr)	31,101,640.92
TOTAL inc 10% VAT	Harga (idr)	342,118,050.12

LAMPIRAN

1. Doc No. 001 – *Ladder Diagram* Sistem Pengolahan HFO
2. Dwg No. 001 – Automation Topology Diagram
3. Dwg No. 002 – Layout Panel PLC
4. Dwg No. 003 – Wiring Diagram Panel PLC
5. Dwg No. 004 – Wiring PLC Main CPU

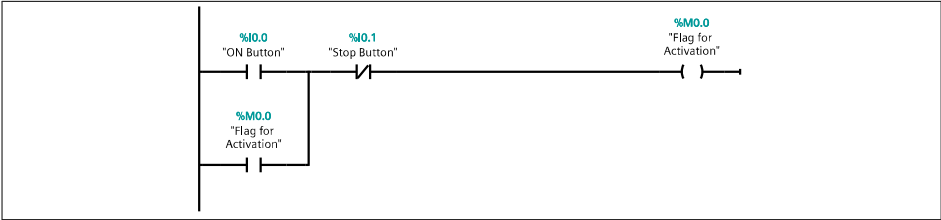
Simulation of Automatic Ship Fuel (HFO) Transfer and Separating System Using PLC Siemens / PLC_1 [CPU 312] / Program blocks

Main [OB1]

Main Properties					
General					
Name	Main	Number	1	Type	OB
Language	LAD				
Information					
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment	
Family		Version	0.1	User-defined ID	

Name	Data type	Offset
▼ Temp		
OB1_EV_CLASS	Byte	0.0
OB1_SCAN_1	Byte	1.0
OB1_PRIORITY	Byte	2.0
OB1_OB_NUMBR	Byte	3.0
OB1_RESERVED_1	Byte	4.0
OB1_RESERVED_2	Byte	5.0
OB1_PREV_CYCLE	Int	6.0
OB1_MIN_CYCLE	Int	8.0
OB1_MAX_CYCLE	Int	10.0
OB1_DATE_TIME	Date_And_Time	12.0

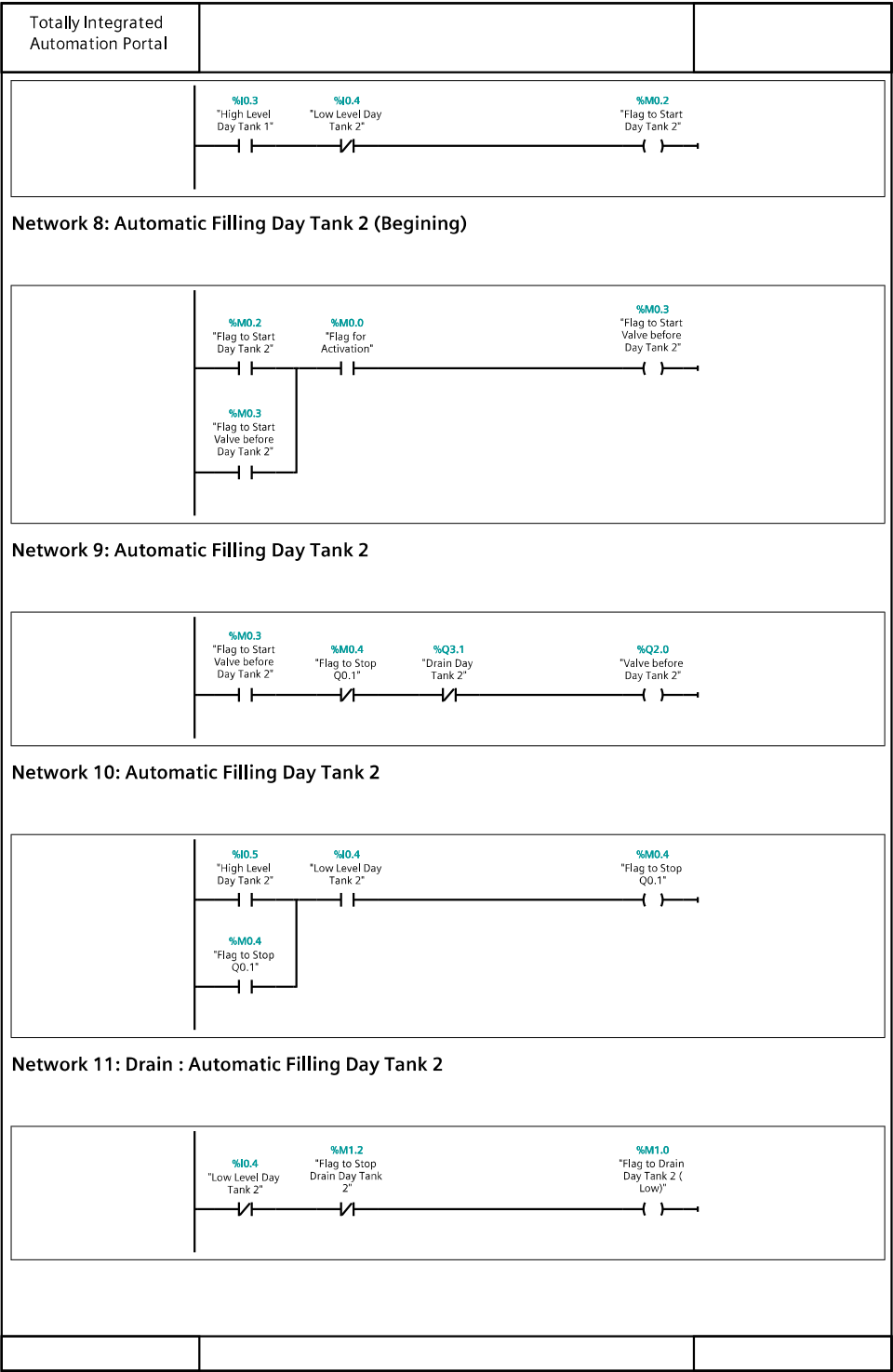
Network 1: ON / OFF Button



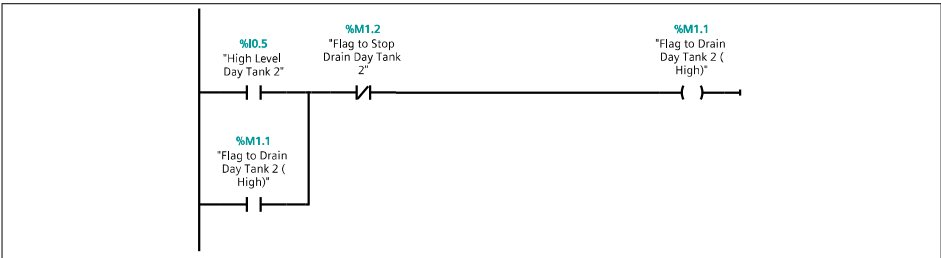
Network 2: Automatic Day Tank 1



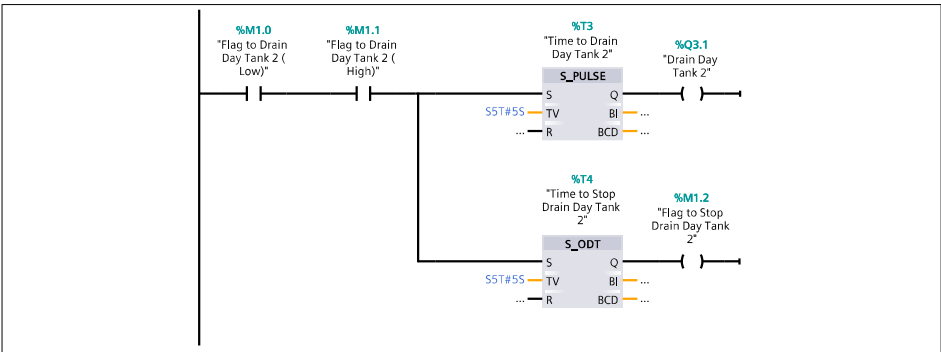
Network 3: Automatic Filling Day Tank 1



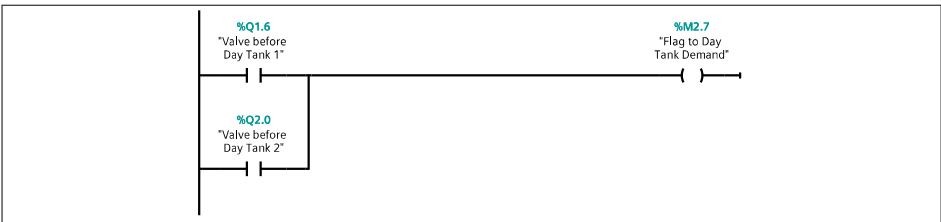
Network 12: Drain Filling Day Tank 2



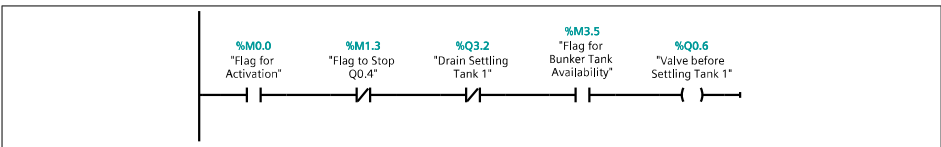
Network 13: Drain : Automatic Filling Day Tank 2



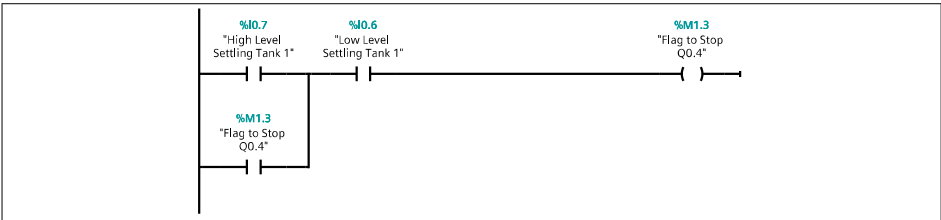
Network 14: Day Tank Demand



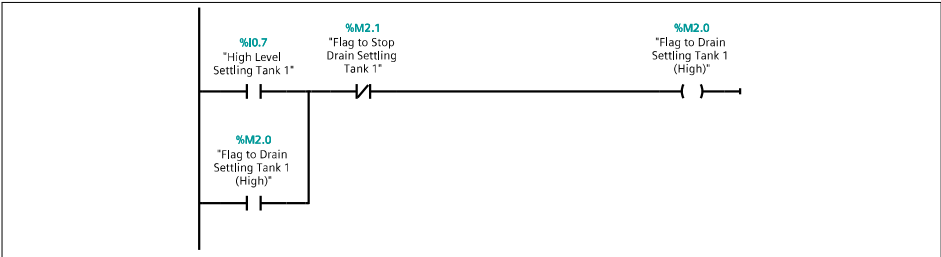
Network 15: Automatic Filling Settling Tank 1



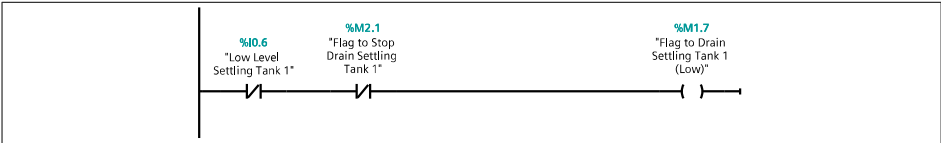
Network 16: Automatic Filling Settling Tank 1



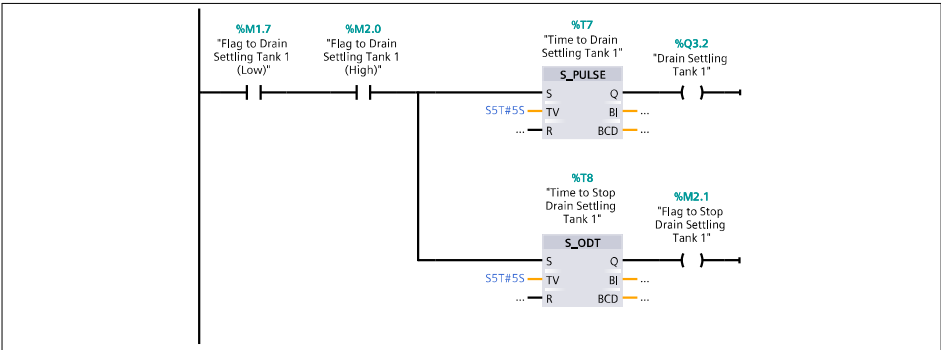
Network 17: Drain : Automatic Filling Settling Tank 1



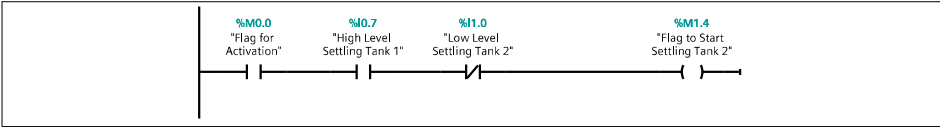
Network 18: Drain : Automatic Filling Settling Tank 1



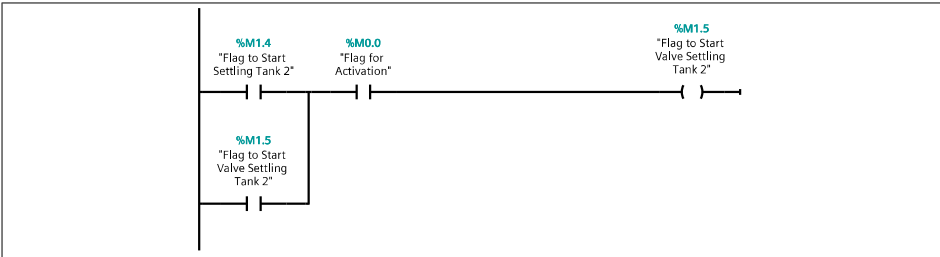
Network 19: Drain : Automatic Filling Settling Tank 1



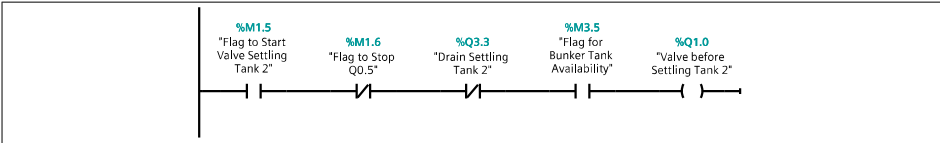
Network 20: Automatic Filling Settling Tank 2 (Beginning)



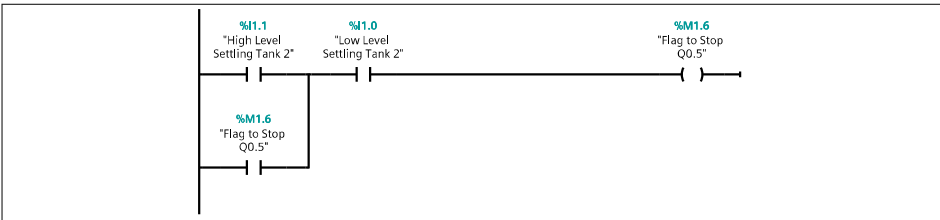
Network 21: Automatic Filling Settling Tank 2 (Beginning)



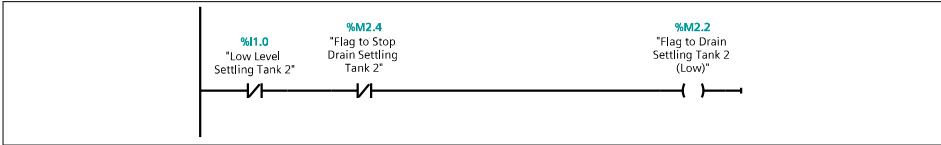
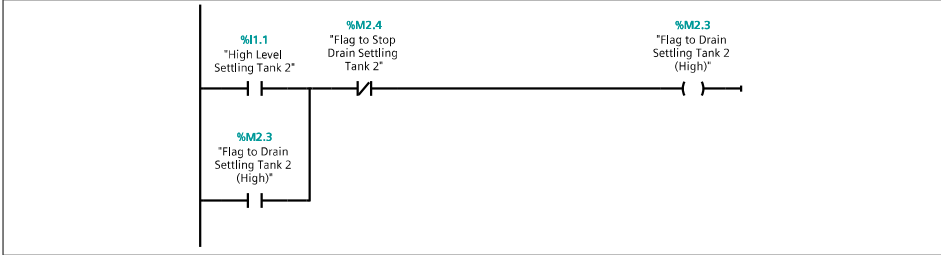
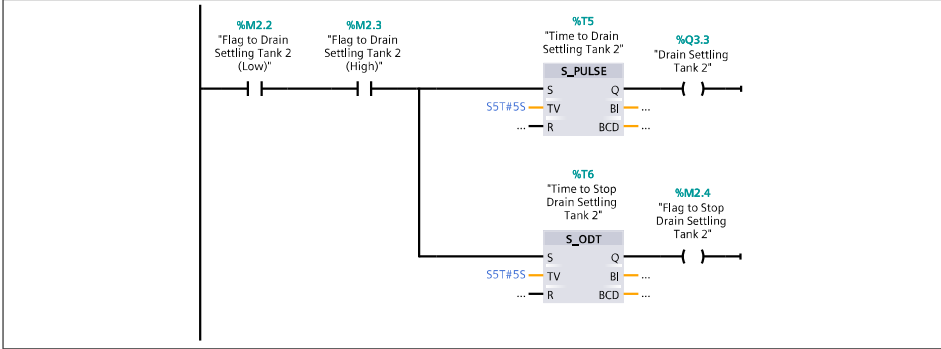
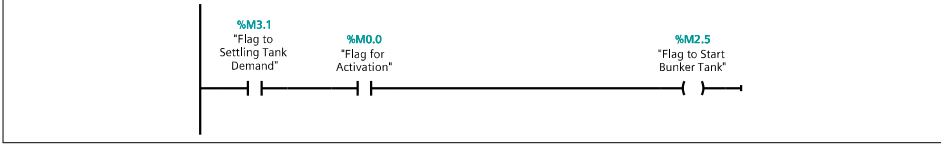
Network 22: Automatic Filling Settling Tank 2



Network 23: Automatic Filling Settling Tank 2



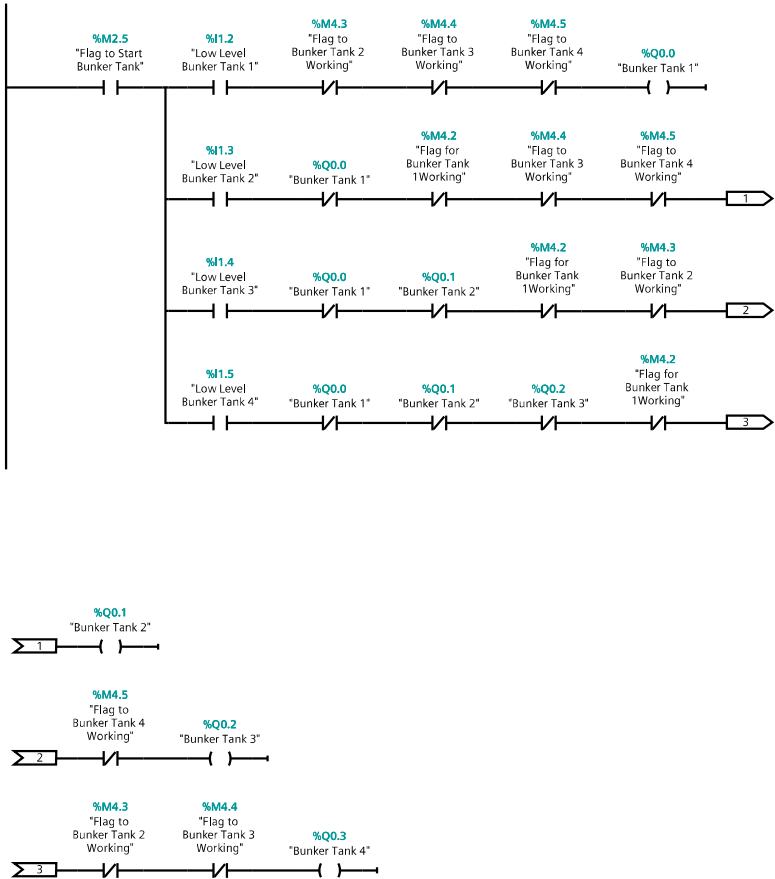
Network 24: Drain : Automatic Filling Settling Tank 2

Totally Integrated Automation Portal		
		
Network 25: Drain : Automatic Filling Settling Tank 2		
		
Network 26: Drain : Automatic Filling Settling Tank 2		
		
Network 27: Automatic Transfer from Bunker Tank		
		
Network 28: Settling Tank Demand		

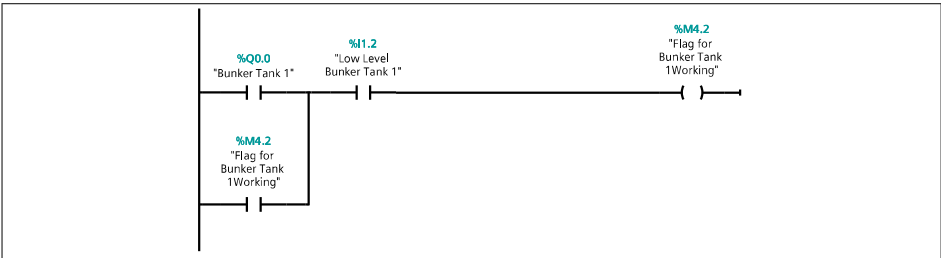


Network 29: Automatic Transfer from Bunker Tank

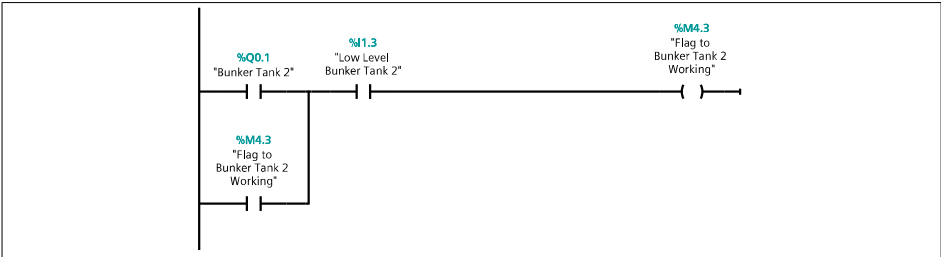
Network 29: Automatic Transfer from Bunker Tank



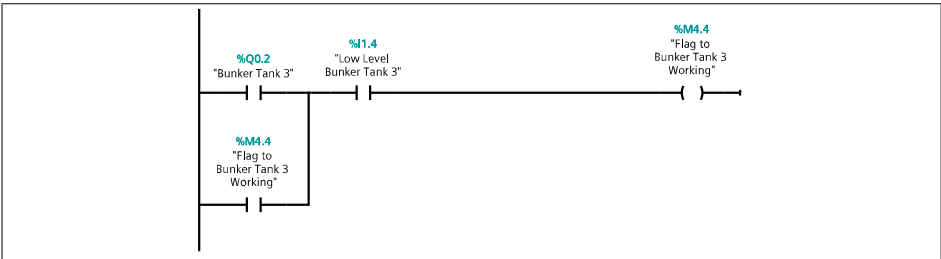
Network 30: Bunker Tank 1 Work



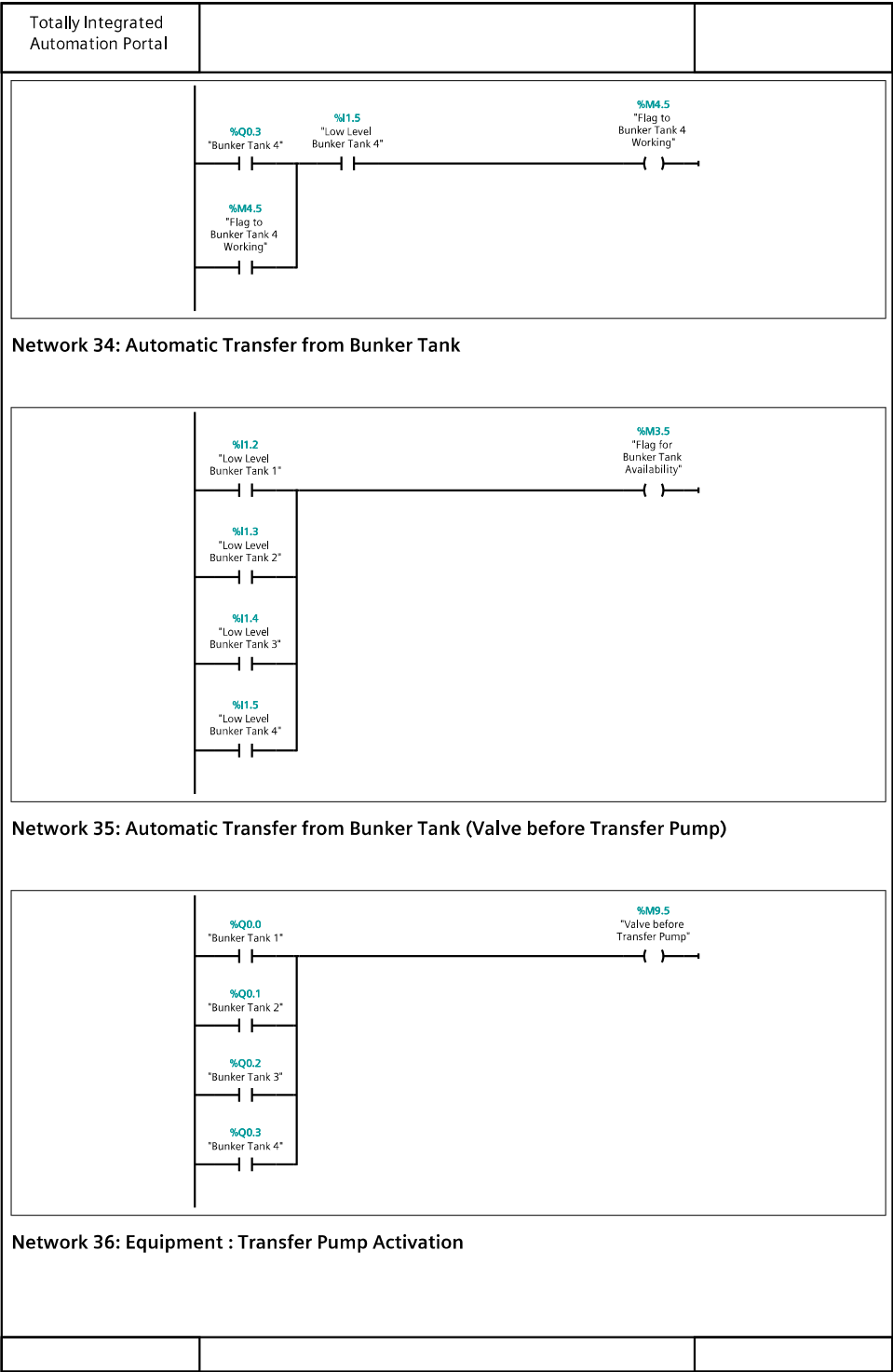
Network 31: Bunker Tank 2 Work

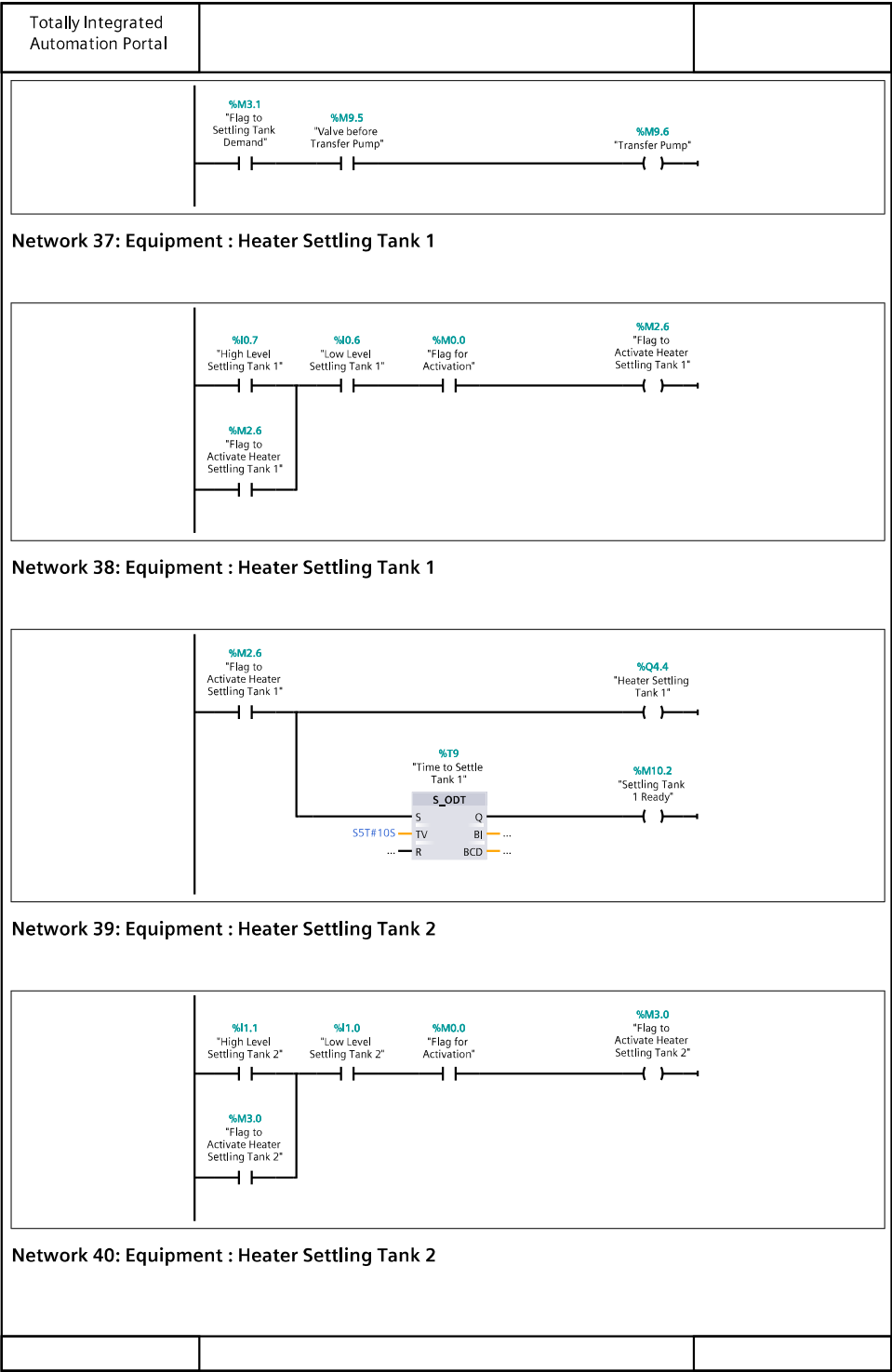


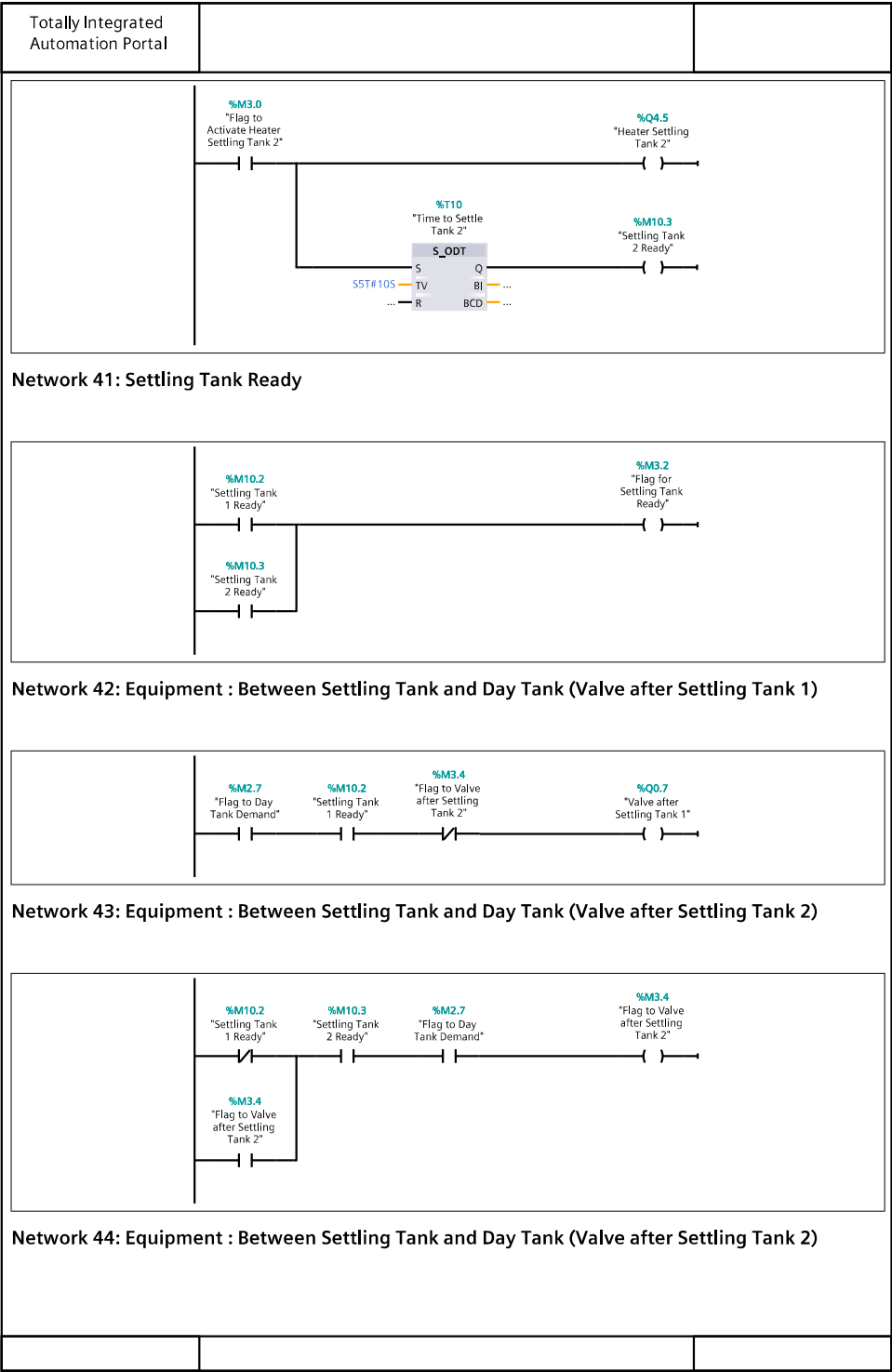
Network 32: Bunker Tank 3 Work



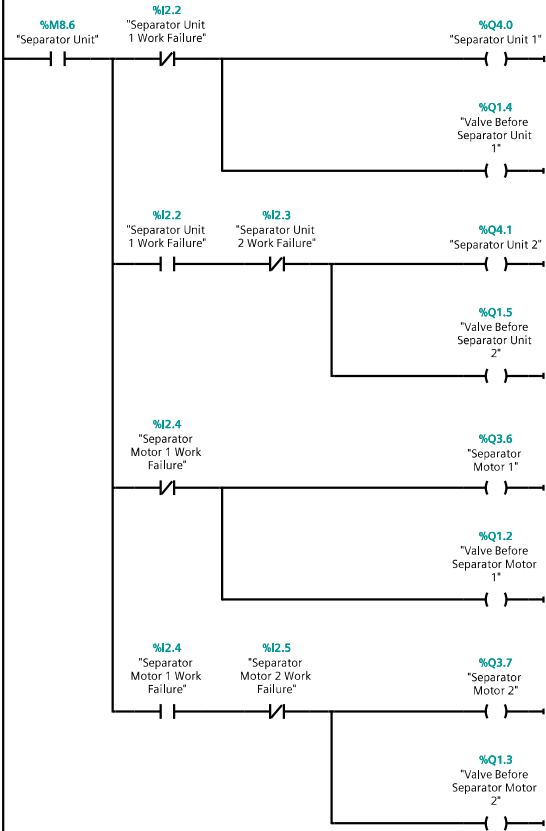
Network 33: Bunker Tank 4 Work



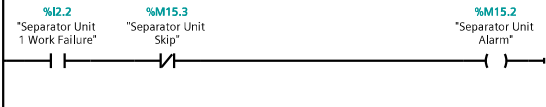




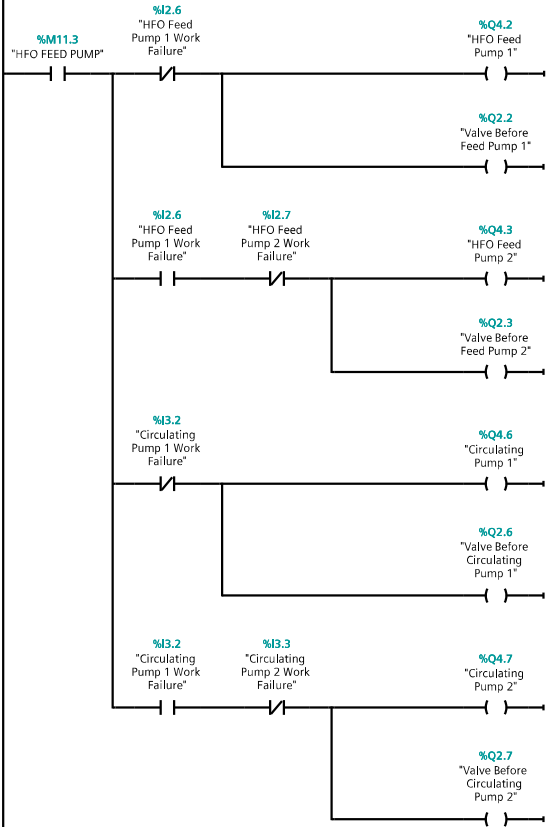
Totally Integrated Automation Portal		
<div><div></div><div><div><div>%M11.5 "Engine Activation"</div><div>%M11.3 "HFO FEED PUMP"</div><div>%I3.4 "Engine"</div></div></div></div>		
Network 58: Transfer Pump		
<div><div></div><div><div><div><div>%M9.6 "Transfer Pump"</div><div>%I2.0 "Transfer Pump 1 Work Failure"</div><div>%Q3.4 "Transfer Pump 1"</div><div>%Q0.4 "Valve Before Transfer Pump 1"</div></div><div><div>%I2.0 "Transfer Pump 1 Work Failure"</div><div>%I2.1 "Transfer Pump 2 Work Failure"</div><div>%Q3.5 "Transfer Pump 2"</div><div>%Q0.5 "Valve Before Transfer Pump 2"</div></div></div></div></div>		
Network 59: Transfer Pump Alarm		
<div><div></div><div><div><div>%I2.0 "Transfer Pump 1 Work Failure"</div><div>%M15.1 "Transfer System Skip"</div><div>%M15.0 "Transfer Pump Alarm"</div></div></div></div>		
Network 60:		



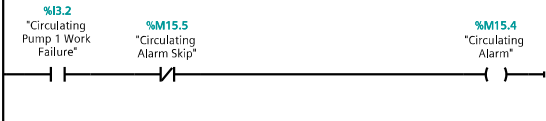
Network 61:



Network 62:

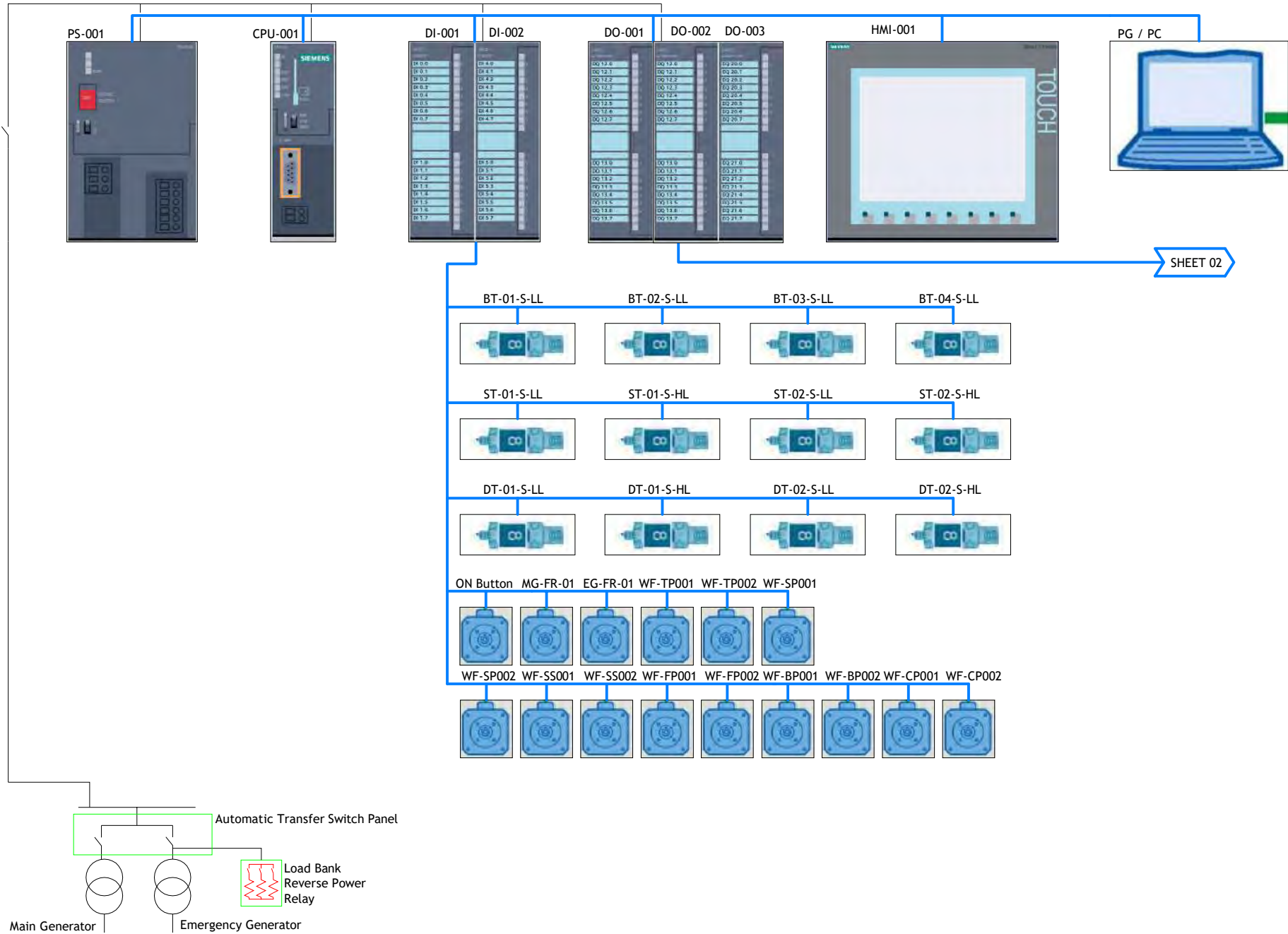


Network 63:



Network 64: Heater Bunker Tank

This Drawing and The Information Contained Here in are Supplied on The Understand that Those are for Educational Purpose Only and Shall not used for Industrial Purpose



SHEET 02

G		Drawn	Danang Cahyagi		the DEPT. of MARINE ENGINEERING Faculty of Marine Technology Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya	AUTOMATION AND TOPOLOGY DIAGRAM (Wiring Input)	ME 141501 - TUGAS AKHIR Simulation of HFO Automatic Transfer and Separation System	Scale	Size	A4
		Revised							Dwg No.	001
		Spv. 1	Indra Ranu Kusuma,S.T.,M.Sc.					Sheet No. 001	of 002	
		Spv. 2	Adi Kurniawan, S.T.,M.T.							
	Rev.	Remarks	Name					Date	Signed	
1			2		3	4	5	6	7	

Dept. Marine Engineering	AUTOMATION TOPOLOGY DIAGRAM LIST OF EQUIPMENT	ME141501 - Skripsi
Faculty of Marine Technology		4212100131
ITS		Doc. 001 / Page 1

Controller and HMI		
No.	Code	Name of Equipment
1	PS-001	Power supply
2	CPU-001	Siemens S7 300
3	DI-001	Digital Input 1
4	DI-002	Digital Input 2
5	DO-001	Digital Output 1
6	DO-002	Digital Output 2
7	DO-003	Digital Output 3
8	HMI-001	Human Machine Interface
9	PG/PC	PC Pemrograman

Digital Input		
No.	Code	Name of Equipment
1	ON Button	On Button
2	MG-FR-01	Main Generator Phase Failure
3	EG-FR-01	Emergency Generator Phase Failure
4	WF-TP001	Transfer Pump 1 Work Failure
5	WF-TP002	Transfer Pump 2 Work Failure
6	WF-SP001	Separator Pump 1 Work Failure
7	WF-SP002	Separator Pump 2 Work Failure
8	WF-SS001	Separator Motor 1 Work Failure
9	WF-SS002	Separator Motor 2 Work Failure
10	WF-FP001	Feed Pump 1 Work Failure
11	WF-FP002	Feed Pump 2 Work Failure
12	WF-BP001	Booster Pump 1 Work Failure
13	WF-BP002	Booster Pump 2 Work Failure
14	WF-CP001	Circulating Pump 1 Work Failure

Digital Input		
No.	Code	Name of Equipment
15	WF-CP002	Circulating Pump 2 Work Failure
16	BT-01-S-LL	Low Level Sensor Bunker Tank 1
17	BT-02-S-LL	Low Level Sensor Bunker Tank 2
18	BT-03-S-LL	Low Level Sensor Bunker Tank 3
19	BT-04-S-LL	Low Level Sensor Bunker Tank 4
20	ST-01-S-LL	Low Level Sensor Settling Tank 1
21	ST-01-S-HL	High Level Sensor Settling Tank 1
22	ST-02-S-LL	Low Level Sensor Settling Tank 2
23	ST-02-S-HL	High Level Sensor Settling Tank 2
24	DT-01-S-LL	Low Level Sensor Day Tank 1
25	DT-01-S-HL	High Level Sensor Day Tank 2
26	DT-02-S-LL	Low Level Sensor Day Tank 2
27	DT-02-S-HL	High Level Sensor Day Tank 2

Dept. Marine Engineering	AUTOMATION TOPOLOGY DIAGRAM LIST OF EQUIPMENT	ME141501 - Skripsi
Faculty of Marine Technology		4212100131
ITS		Doc. 001 / Page 2

Digital Output		
No.	Code	Name of Equipment
1	BT-01-CV-AF	Control Valve After Bunker Tank 1
2	BT-02-CV-AF	Control Valve After Bunker Tank 2
3	BT-03-CV-AF	Control Valve After Bunker Tank 3
4	BT-04-CV-AF	Control Valve After Bunker Tank 4
5	TP-01-CV-BV	Control Valve Before Transfer Pump 1
6	TP-02-CV-BV	Control Valve Before Transfer Pump 1
7	ST-01-CV-BF	Control Valve Before Settling Tank 1
8	ST-01-CV-AF	Control Valve After Settling Tank 1
9	ST-02-CV-BF	Control Valve Before Settling Tank 2
10	ST-02-CV-AF	Control Valve After Settling Tank 2
11	SP-01-CV-BV	Control Valve Before Separator Pump 1
12	SP-02-CV-BV	Control Valve Before Separator Pump 2
13	SS-01-CV-BV	Control Valve Before Separator Unit 1
14	SS-02-CV-BV	Control Valve Before Separator Unit 2
15	DT-01-CV-BF	Control Valve Before Day Tank 1
16	DT-01-CV-AF	Control Valve After Day Tank 1
17	DT-02-CV-BF	Control Valve Before Day Tank 2
18	DT-02-CV-AF	Control Valve After Day Tank 2
19	FP-01-CV-BV	Control Valve Feed Pump 1
20	FP-02-CV-BV	Control Valve Before Feed Pump 2
21	BP-01-CV-BV	Control Valve Before Booster Pump 1
22	FP-02-CV-BV	Control Valve Before Booster Pump 2
23	FP-01-CV-BV	Control Valve Before Circulating Pump 1
24	FP-02-CV-BV	Control Valve Before Circulating Pump 2

Digital Output		
No.	Code	Name of Equipment
25	TP-001	Transfer Pump 1 Actuator
26	TP-002	Transfer Pump 2 Actuator
27	SP-001	Separator Pump 1 Actuator
28	SP-002	Separator Pump 2 Actuator
29	SS-001	Separator Unit 1 Actuator
30	SS-002	Separator Unit 2 Actuator
31	FP-001	Feed Pump 1 Actuator
32	FP-002	Feed Pump 2 Actuator
33	BP-001	Booster Pump 1 Actuator
34	BP-002	Booster Pump 2 Actuator
35	CP-001	Circulating Pump 2 Actuator
36	CP-002	Circulating Pump 1 Actuator
37	BT-01-CV-HT	Heater Bunker Tank 1
38	BT-02-CV-HT	Heater Bunker Tank 2
39	BT-03-CV-HT	Heater Bunker Tank 3
40	BT-04-CV-HT	Heater Bunker Tank 4
41	ST-01-CV-HT	Heater Settling Tank 1
42	ST-02-CV-HT	Heater Settling Tank 2
43	DT-01-CV-HT	Heater Day Tank 1
44	DT-02-CV-HT	Heater Day Tank 2
45	ST-01-CV-DR	Drain Settling Tank 1
46	ST-02-CV-DR	Drain Settling Tank 2
47	DT-01-CV-DR	Drain Day Tank 1
48	DT-02-CV-DR	Drain Day Tank 2

A

B

C

D

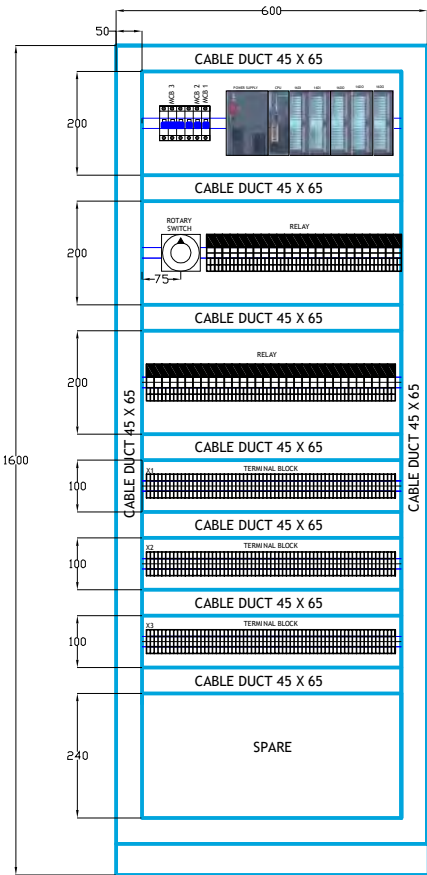
E

F

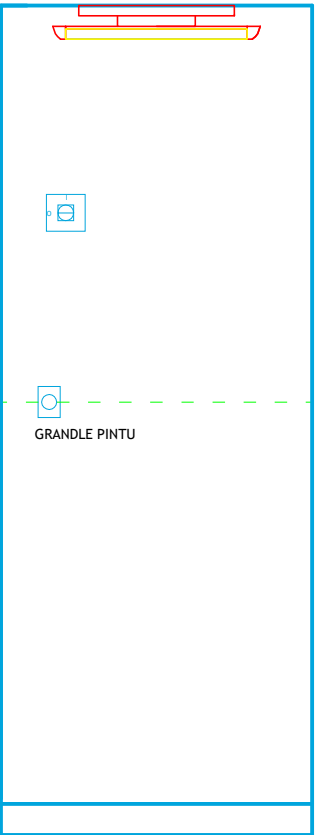
G

This Drawing and The Information Contained Here in are Supplied on The Understand that Those are for Educational Purpose Only and Shall not used for Industrial Purpose

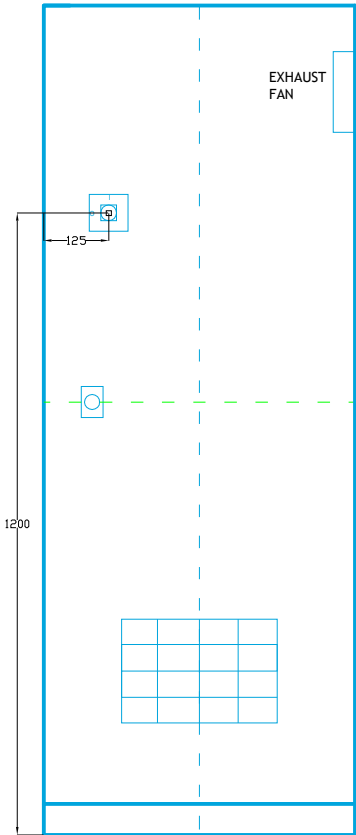
TAMPAK DEPAN



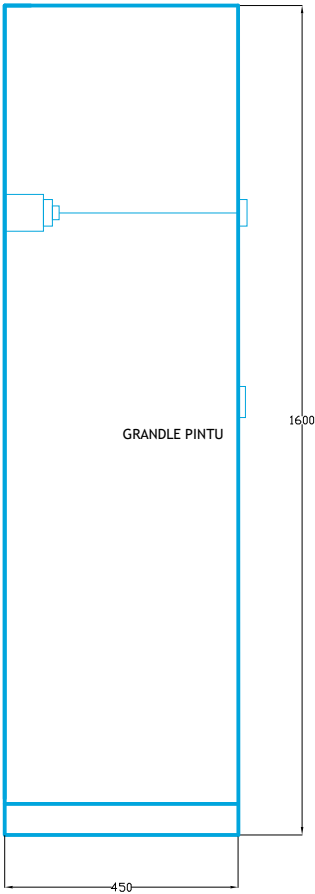
TAMPAK LUAR



TAMPAK DALAM



TAMPAK SAMPING KANAN



Drawn	Danang Cahyagi		
Revised			
Spv. 1	Indra Ranu Kusuma,S.T.,M.Sc.		
Spv. 2	Adi Kurniawan, S.T.,M.T.		
Rev.	Remarks	Name	Date

the DEPT. of MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

LAYOUT PANEL PLC

Tittle

ME 141501 - TUGAS AKHIR

Simulation of HFO Automatic Transfer and
Separation System

Scale

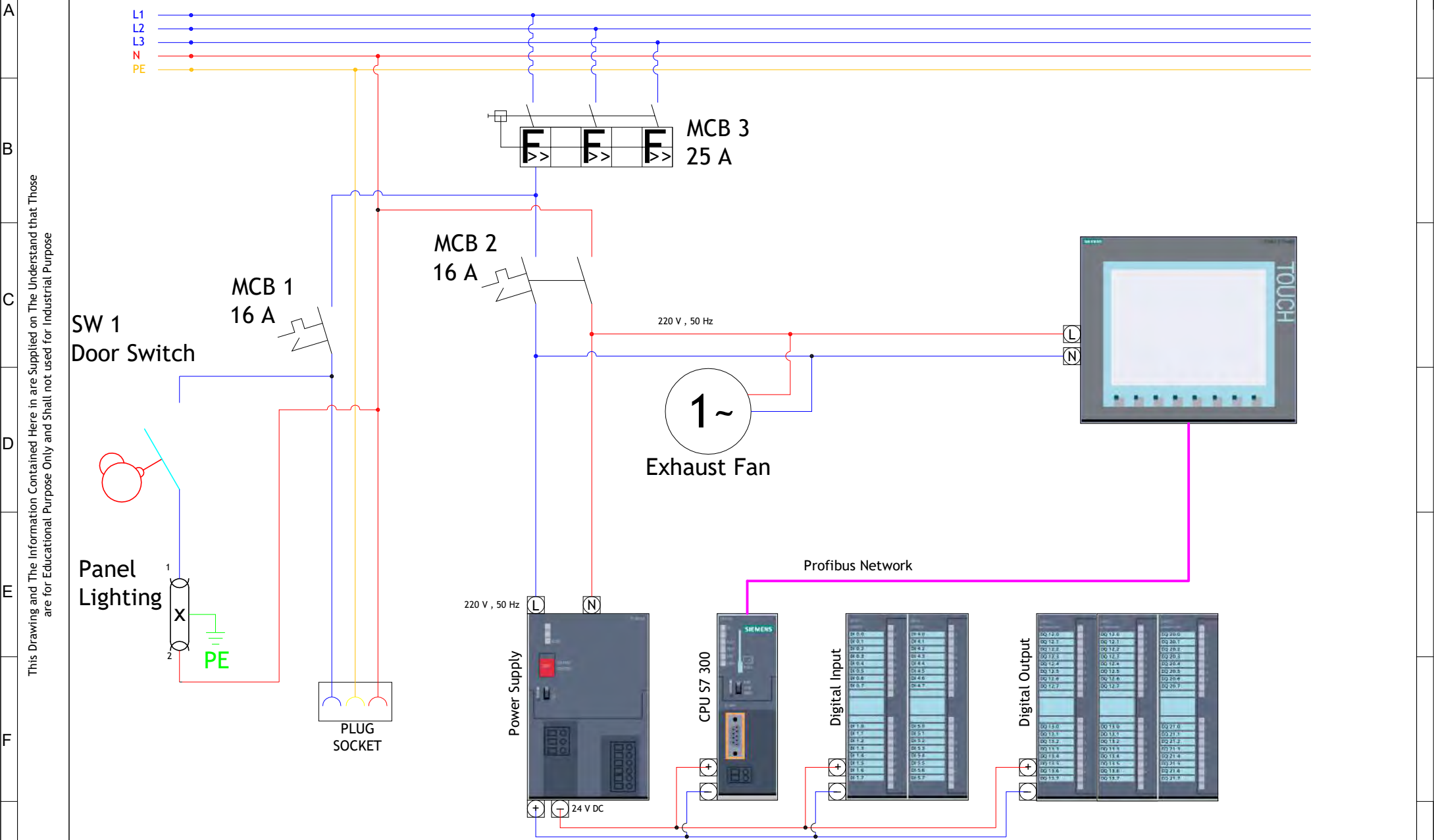
Sheet No. 001

Size A4

Dwg No. 002

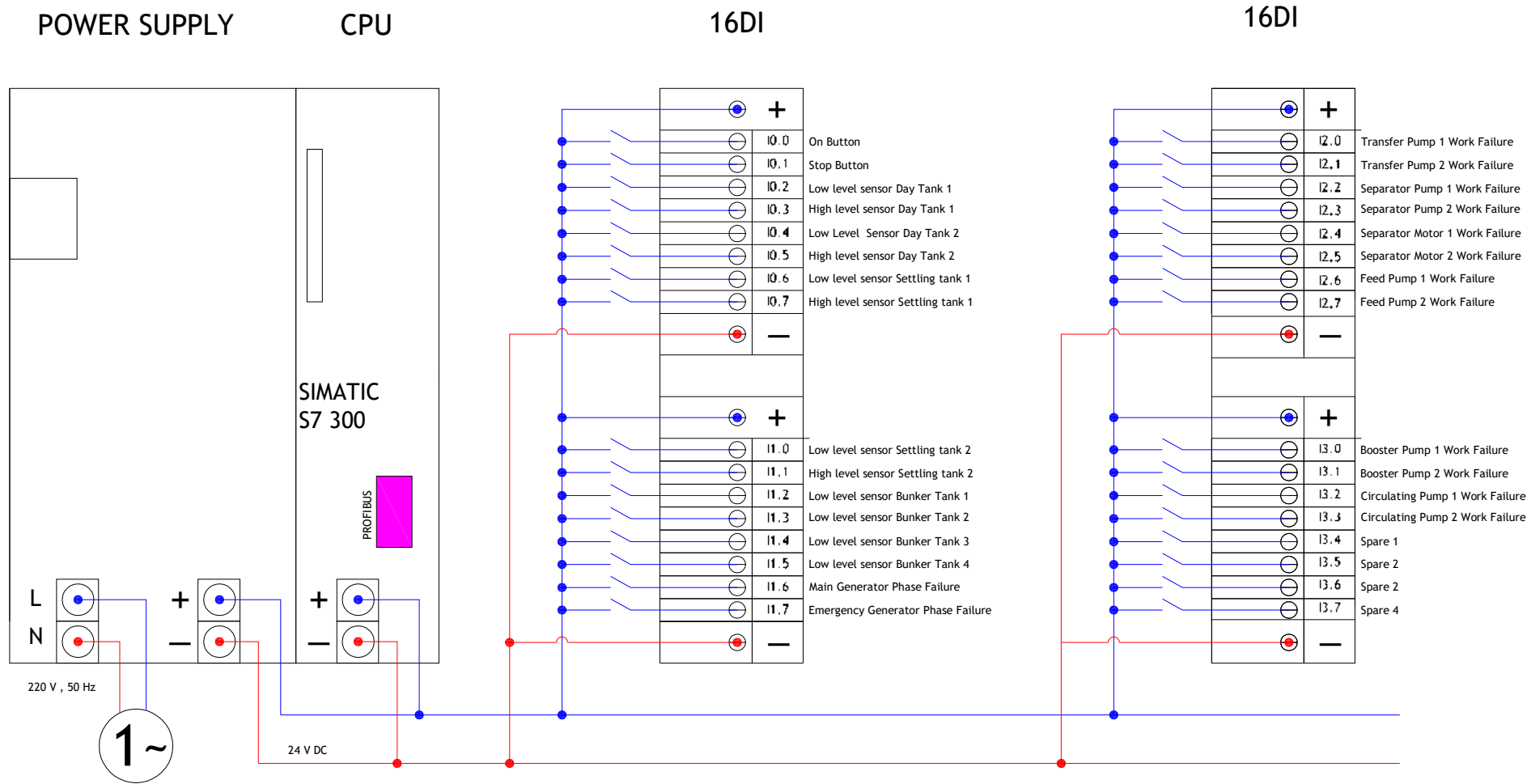
of 001

A
B
C
D
E
F
G



G		Drawn	Danang Cahyagi			the DEPT. of MARINE ENGINEERING Faculty of Marine Technology Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya	WIRING DIAGRAM PANEL PLC	ME 141501 - TUGAS AKHIR	Simulation of HFO Automatic Transfer and Separation System	Scale	Size A4
		Revised									Dwg No. 003
		Spv. 1	Indra Ranu Kusuma, S.T., M.Sc.							Sheet No. 001	of 001
		Spv. 2	Adi Kurniawan, S.T., M.T.								
	Rev.	Remarks	Name		Date					Signed	
1		2			3	4	5	6		7	

This Drawing and The Information Contained Here in are Supplied on The Understand that Those are for Educational Purpose Only and Shall not used for Industrial Purpose



G		Drawn	Danang Cahyagi			the DEPT. of MARINE ENGINEERING Faculty of Marine Technology Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya	WIRING PLC MAIN CPU	ME 141501 - TUGAS AKHIR	Simulation of HFO Automatic Transfer and Separation System	Scale	Size	A4		
		Revised									Dwg No.	004		
		Spv. 1	Indra Ranu Kusuma,S.T.,M.Sc.							Sheet No.	001	of	002	
		Spv. 2	Adi Kurniawan, S.T.,M.T.											
	Rev.	Remarks	Name		Date					Signed	Title			
	1		2		3		4		5		6		7	

G

of 002

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Setelah dilakukan Simulasi Otomatisasi Sistem Transfer dan Separasi Sistem Bahan Bakar dengan Menggunakan PLC Siemens maka dapat ditarik kesimpulan bahwa,

1. Sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO saat diotomatisasikan dengan PLC.
 - a. Dengan pertimbangan teknis dan ekonomis yang telah disebutkan diatas, perlu dikembangkan suatu sistem yang mampu mengoperasikan pengolahan bahan bakar HFO secara otomatis sehingga memudahkan para kru kapal untuk mengolah bahan bakar.
 - b. Sistem transfer dan separasi bahan bakar yang telah diotomatisasikan memungkinkan pengolahan dari *Bunker Tank / storage tank*, ditransfer menuju *Settling Tank*, kemudian diendapkan selama 24 jam, dan ditransfer kembali ke *day tank / Service Tank* selama 8 jam sekali dan siap digunakan oleh mesin secara otomatis.
2. Peralatan yang dikontrol pada sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO saat diotomatisasikan dengan PLC.
 - a. Otomatisasi sistem transfer dan separasi sistem bahan bakar HFO akan memanfaatkan *high level sensor* dan *low level sensor* pada setiap *storage tank*, *settling tank*, dan *service tank* sebagai trigger bagi pompa, separator, dan pemanas untuk aktif dan non-aktif, sensor tersebut akan menjadi input sistem.

- b. Peralatan yang akan dikontrol oleh input sistem adalah output sistem yang terdiri dari pompa transfer, katup-katup, separator, dan aktivasi pemanas.
- 3. *Interface* sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO saat diotomatisasikan dengan PLC.
 - a. Tampilan layar sistem otomatisasi pengolahan bakar dibuat sedemikian rupa agar kru dengan mudah melakukan monitoring pada setiap sistem. Oleh sebab itu, tampilan layar sistem dibuat terpisah antar setiap sistem mulai dari sistem transfer, sistem separasi, hingga sistem sirkulasi bahan bakar.
 - b. Selain dibuat terpisah, tampilan layar juga dibuat satu kesatuan sehingga dapat dilihat interaksi antara satu sistem dengan sistem yang lain.
- 4. Estimasi biaya dalam proses otomatiasi PLC pada sistem transfer bahan bakar.

Investasi otomatisasi sistem transfer dan separasi bahan bakar HFO di kapal dengan menggunakan PLC Siemens adalah sebesar **Rp. 342,118,050.12**. Harga ini tidak akan sama pada setiap aplikasinya, harga sistem akan dipengaruhi oleh dimensi kapal, dimensi mesin, dan merk PLC yang digunakan.

5.2. Saran

- 1. Penelitian mengenai otomatisasi sistem di kapal khususnya otomatisasi bahan bakar hendaknya dilanjutkan ketahap prototipe. Hal ini bertujuan agar mahasiswa mampu mengasah kemampuan pengawatan sistem dan mengenal proses sistem yang telah diotomatisasikan.

2. Dalam proses pengaplikasian sistem, pembelian komponen baik PLC dan aksesorisnya disesuaikan dengan kode yang tertera. Hal ini bertujuan mempermudah penginstallan dan mempersingkat waktu pengerjaan.
3. Penelitian otomatisasi sistem di kapal tidak berhenti pada sistem bahan bakar. Hampir seluruh sistem dapat diotomatisasikan dengan PLC. Hal ini dikarenakan sistem di kapal mayoritas berjalan dengan sistem sekuensial, sistem yang sama dengan kinerja PLC.
4. Sebelum melakukan otomatisasi sistem di kapal, dasar pikiran yang harus ditanamkan adalah bahwa sistem otomatisasi tidak menggantikan tugas manusia, sistem ini memudahkan kerja kru guna meningkatkan ketepatan, dan efisiensi kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- American Bureau of Shipping. 1984.** *Notes on : Heavy Fuel Oil*. New York : American Bureau of Shipping, 1984.
- Bergstrom, Gregory K. Captain, USAF. 1990.** *Informational Requirements for The Fuel Automated Management System (FAMS-C) at The Major Command Level*. Hosbon Way : Air Force Institute of Technology, 1990.
- Boniface, D.E., Bea, R.G., 1996.** *Assessing the Risks of and Countermeasures for Human and Organizational Error*. United States : SNAME Transactions, 1996.
- Bryan, L.A. and Bryan, E.A. 1988.** *Programmable Controllers Theory and Implementation* . Georgia : Spectrum Circle, 1988.
- Det Norske Veritas. 2001.** *Marine Risk Assessment-Risk Assessment of Pipeline Protection (DNV RP F-107)*. Norwegia : s.n., 2001.
- Germanischer Lloyd. 2013.** *Rules for Classification and Construction: Automation*. Hamburg : Germanischer Lloyd SE, 2013.
- Guo, Guilin, et al. 2012.** *Research on the Control System of Fuel Cycling System for Pebble Bed Reactor*. Beijing, China : IEEE, 2012.
- Harrington, Roy L. 1971.** *Marine Engineering*. New York : The Society of Naval Architects and Marine Engineering, 1971.
- Hohn, Geoffrey M. 2011.** *Computerized Fuel Management System for a Foss Tugboat*. Washing DC : University of Washington, 2011.
- McKinney, Mark Inno, S.C. 1995.** *Fuel Control System*. United States : Pleasurecraft Marine Engine Co.,, 1995.
- Miftakhur, Friska A. and Masroeri, Agoes A. 2013.** *Studi Perancangan Sistem Kendali Pengisian Tangki Bahan Bakar Eksternal pada Kapal Selam Tipe 206/1300*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2013.

- PT. Trans Asia Consultants. 2009.** *Kajian Analisis Trend Kecelakaan Transportasi Laut Tahun 2003 - 2008.* Jakarta : Komisi Nasional Keselamatan Transportasi., 2009.
- Rothblum, A.M., 2000.** *Human Error and Marine Safety.* Maryland, USA : Proceedings of the Maritime Human Factors Conference, 2000.
- Takaishi, Tatsuo, et al. 2008.** *Approach to High Efficiency Diesel and Gas Engines.* Tokyo : Mitsubishi Heavy Industry, 2008.
- Waramory, Boy Hendra, Sarwito, Sardono and Kusuma, Indra Ranu. 2016.** *Perancangan Automatic Transfer Switch Main Generator-Emergency Generator di Kapal Berbasis PLC dan Dimonitoring Menggunakan Human Machine Interface (HMI).* Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- Wärtsilä. 2013.** *Wärtsilä 46F Product Guides.* Vaasa : s.n., 2013.
- World Shipping Council. 2008.** *Record Fuel Price Place Stress on Ocean Shipping.* Washington DC : s.n., 2008.
- Xerox. 2011.** *10 Reasons to Automate Your Workflow.* United States : s.n., 2011.
- Yunhua, Li, et al. 2011.** *Study on Control Strategies for Oil-fuel Supply System Used in Supersonic Combustion Wind Tunnel.* Beijing, China : IEEE, 2011.

BIODATA PENULIS



Danang Cahyagi adalah nama penulis skripsi ini. Penulis lahir di Tanjung Balai Karimun, Provinsi Kepulauan Riau pada tanggal 11 Juli 1995 dari orang tua Sugito dan Marwiyah. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SDN 003 Sungai Raya, SMPN 2 Tebing Karimun, dan SMAN 4 Karimun. Pada tahun 2012, Penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Fakultas Teknologi Kelautan, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.

Bidang studi yang ditekuni selama menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Sistem Perkapalan adalah Bidang Studi *Marine Electrical and Automation System* (MEAS). Dengan bimbingan dosen dan fasilitas yang diberikan, penulis mendapatkan wawasan mengenai desain sistem permesinan, perpipaan, kelistrikan, serta keselamatan, khususnya di dunia kelautan dan kemaritiman.

Penulis juga aktif dalam kegiatan Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM), dan *Student Chapter* di ITS. Unit Kegiatan Mahasiswa yang diikuti adalah UKM ITS *Foreign Languages Society* (IFLS). *Student Chapter* yang diikuti adalah *Society of Exploration Geophysicist* (SEG – ITS SC), dan *Society of Petroleum Engineer Student Chapter* (SPE – ITS SC).

Motto:

Semua kesuksesan berawal dari kesempatan, dan kesempatan harus didukung dengan kecerdasan.